

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Neilor de Carvalho Paes

**CIDADE & ENERGIA:
MATRIZES ENERGÉTICAS PARCIAIS DAS CIDADES DE
BORDEAUX, CINCINNATI E CURITIBA
ATRAVÉS DE MÉTODO TÉCNICO-CONTÁBIL**

**CURITIBA
2014**

Neilor de Carvalho Paes

**CIDADE & ENERGIA:
MATRIZES ENERGÉTICAS PARCIAIS DAS CIDADES DE
BORDEAUX, CINCINNATI E CURITIBA
ATRAVÉS DE MÉTODO TÉCNICO-CONTÁBIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Construção Civil.

Área de concentração:
Ambiente Construído e Gestão

Orientador:
Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid

CURITIBA
2014

Paes, Neilor de Carvalho

Cidade & energia: matrizes energéticas parciais das cidades de Bordeaux, Cincinnati e Curitiba através de método técnico-contábil / Neilor de Carvalho Paes. – Curitiba, 2014.

156 f. : il.; grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil.

Orientador: Aloísio Leoni Schmid

1. Recursos energéticos. 2. Consumo de energia. 3. Cidades e vilas. I. Schmid, Aloísio Leoni. II. Título.

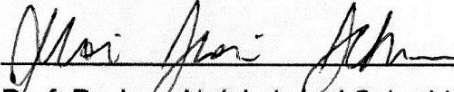
CDD 333.79

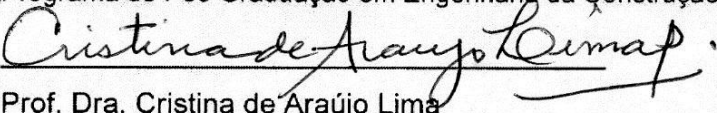
TERMO DE APROVAÇÃO

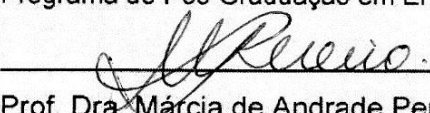
NEILOR DE CARVALHO PAES

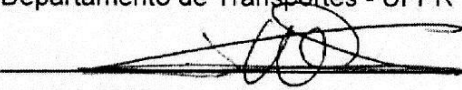
**CIDADE & ENERGIA:
MATRIZES ENERGÉTICAS PARCIAIS DAS CIDADES DE
BORDEAUX, CINCINNATI E CURITIBA
ATRAVÉS DE MÉTODO TÉCNICO-CONTÁBIL**

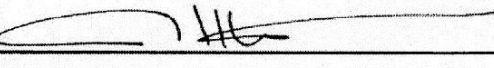
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Área de Concentração: Ambiente Construído e Gestão, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: 
Prof. Dr. Ing. Aloísio Leoni Schmid
Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil - UFPR

Examinador: 
Prof. Dra. Cristina de Araújo Lima
Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil – UFPR

Examinador: 
Prof. Dra. Márcia de Andrade Pereira
Departamento de Transportes - UFPR

Examinador: 
Prof. Dr. Guy Tapie
École Nationale Supérieure d'Architecture et Paysage, Bordeaux, França

Examinador: 
Prof. Dr. Juan Kent Fitzsimmons
École Nationale Supérieure d'Architecture et Paysage, Bordeaux, França

Curitiba, 16 de abril de 2014.

“Energy consumption matters both to our environment and our economy.”

John Baldacci

AGRADECIMENTOS

Ao PPGECC, professores e colegas de mestrado, que diretamente contribuíram para a realização deste trabalho, minha admiração e agradecimento pelo espírito de unidade e pela oportunidade de fazer parte dessa seleta equipe, em especial aos Professores Aloísio Schmid, Cristina Araújo e Sérgio Tavares pelas discussões, ensinamentos, comentários e pela amizade; assim como aos meus colegas Alexandre Alves, André Prevedello e Trent Lobdell.

À Prefeitura Municipal de Araucária, pela concessão de horário especial de trabalho para permitir o curso das disciplinas e desenvolvimento deste trabalho, um agradecimento pelo interesse e apoio, em especial ao Secretário Municipal de Urbanismo Mário Torres e ao Secretário Municipal de Urbanismo e Diretor-Presidente da Companhia de Desenvolvimento de Araucária Rizio Wachowicz.

Ao Governo da França, por intermédio do Programa *Ignis Mutat Res*, e dos pesquisadores dele participantes: Guy Tapie, Kent Fitzsimons, Patrice Godier, Carla Chifos, Rebecca Williamson, Franck Russel, Márcia Pereira, Cristina Lima, Aloísio Schmid e José Mario Silva, meu agradecimento pelas conversas, referências e orientações.

À Companhia Paranaense de Energia (COPEL) através da Coordenadora do Balanço Energético do Estado do Paraná, Sra. Rosicler do Rocio Brustolin, que gentilmente forneceu os dados de consumo de energia da Grande Curitiba de maneira mais refinada que o disponível no Balanço Energético do Estado do Paraná, meus agradecimentos.

Ao meu amigo, doutorando, Cláudio Márcio Antunes Franco, pelo encorajamento a ingressar na pós-graduação e pelo apoio neste trabalho com comentários e incentivos, os meus sinceros agradecimentos. À minha mãe, Suely Fragoso de Carvalho, por todo o suporte direto, minha imensa gratidão. À minha namorada, mestranda, Carina Folena Cardoso, que pude conhecer durante este curso e que me auxiliou com revisões, comentários, traduções, referências e, principalmente, incentivo, o meu coração.

Um agradecimento especial ao meu orientador, pela amizade e humanidade, Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid, que sempre demonstra interesse pelo prático e novo, pela relevância objetiva das propostas, e que sempre teve uma postura profissional e austera, como a ciência exige; idealizador da abordagem de matrizes energéticas para cidades. Um homem que sendo douto e excelso se rebaixa para poder dialogar com seus discentes, revelando nobreza ainda superior. Agradeço, ainda, a Jesus Cristo, cujos ensinamentos me foram fundamentais para que eu mantivesse a condução deste trabalho em meio a reveses pessoais.

RESUMO

Com a importância que o consumo energético vem ocupando na atualidade surgem ferramentas para sua melhor apreciação e mensuração. Nesse âmbito, o objetivo deste trabalho é apresentar matrizes energéticas parciais das cidades de Bordeaux, Cincinnati e Curitiba, através da parceria existente dentro do programa *Ignis Mutat Res* (iniciativa do Governo da França para estudar a mobilidade e a energia nas três cidades). A partir de levantamento de dados de consumo de energia de áreas que envolvam toda a conurbação de cada uma das cidades, realizado junto às fontes oficiais, foi aplicado método técnico-contábil para se chegar às matrizes dos núcleos urbanos. Foram realizadas inferências a partir de matrizes já consolidadas, que compreendam inteiramente determinada metrópole, para, através de indicadores de população urbana e valor adicionado fiscal, chegar-se a matrizes energéticas de cada uma das cidades. Trata-se de uma pesquisa descritiva que busca trazer nova luz sobre a questão energética nas conurbações. Por fim, foram comparados os resultados obtidos aos já apresentados em outros estudos com o objetivo de melhor compreender a relação das características urbanas com o consumo de energia. Os resultados apresentaram concordância com o que outros estudos sobre o tema vêm sugerindo, no entanto, este trabalho conseguiu indicar caminhos para a melhor utilização de inferência técnica-contábil para a obtenção de matrizes energéticas em escalas urbanas.

Palavras-chave: Matriz energética, consumo de energia, conurbação, Bordeaux, Cincinnati, Curitiba.

ABSTRACT

As energy consumption becomes nowadays a more and more importance issue, there is the need for best tools for assessment and measurement. In this context, the aim of this master thesis is to present partial energy outlooks of the cities of Bordeaux, Cincinnati and Curitiba, through the existing partnership within the program Ignis Mutat Res (an initiative of the French government to study mobility and energy in these three cities). From data collection of energy consumption of areas involving the entire conurbation of each cities, which were held next to official sources, a technical accounting method was applied to obtain energy outlooks of urban cores. Inferences were made from matrices already consolidated, ones which fully contain certain metropolis, for, through indicators of urban population and economic value added, reach energy outlook for each city. This is a descriptive study that seeks to shed new light on the energy issue in conurbations. Finally, results obtained were compared to those already presented in other studies in order to better understand the relationship of urban characteristics with energy consumption. Results showed concordance with others studies on the theme have been indicating, nevertheless, this work could pointed out ways for a better utilization of technical accounting inference for energy matrix achievement in urban scales.

Keywords: *Energy outlook, energy consumption, conurbation, Bordeaux, Cincinnati, Curitiba.*

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

<i>Figura 1 – Inserção e relação da dissertação com o Programa Ignis Mutat Res</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2 – Pontos de ramificação dos cenários no caminho do futuro energético na Califórnia</i>	<i>39</i>
<i>Figura 3 – Esquema do sistema do modelo LEAP de Taiwan</i>	<i>45</i>
<i>Figura 4 – Estrutura de análise, utilizando o LEAP.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 5 – Estrutura do modelo TRANUS</i>	<i>66</i>
<i>Figura 6 – Localização dos pontos amostrais na Ilha de Xiamen.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 7 – Localização dos pontos amostrais na Ilha de Xiamen.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 8 – Distribuição espacial dos residentes da Ilha de Xiamen em três diferentes cenários</i>	<i>71</i>
<i>Figura 9 – Distribuição espacial dos empregos na Ilha de Xiamen em diferentes cenários.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 10 – Mapa da Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB)</i>	<i>78</i>
<i>Figura 11 – Mapa das Áreas Urbanas da Grande Cincinnati</i>	<i>79</i>
<i>Figura 12 – Mapa do Núcleo Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 13 – Mapa mental.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 14 – Mapa da França com destaque à Cidade de Bordeaux.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 15 – Mapa dos Estados de Ohio, Kentucky e Indiana, com destaque à Cidade de Cincinnati ...</i>	<i>96</i>
<i>Figura 16 – Mapa da Região Metropolitana de Curitiba</i>	<i>97</i>
<i>Figura 17 – Mancha urbana das cidades 2014</i>	<i>99</i>
<i>Figura 18 – Densidade do consumo de energia final em Aquitaine (2010)</i>	<i>147</i>
<i>Figura 19 – Comparativo entre as abordagens top-down e bottom-up quanto às</i>	<i>149</i>

Gráficos

<i>Gráfico 1 – Porcentagem de população urbana no mundo</i>	<i>24</i>
<i>Gráfico 2 – Concentração média anual, por tipo de substância</i>	<i>25</i>
<i>Gráfico 3 – Consumo de energia na mobilidade, cidades com mais de 60 mil habitantes (2007).....</i>	<i>28</i>
<i>Gráfico 4 – Divisão modal (2011).....</i>	<i>29</i>
<i>Gráfico 5 – Uso de carro por habitante em cidades.....</i>	<i>35</i>
<i>Gráfico 6 – Disponibilidade de ruas versus o uso do carro por pessoa em cidades (1990).....</i>	<i>35</i>
<i>Gráfico 7 – Densidade urbana versus deslocamentos anuais por transporte público por habitante (1990)</i>	<i>36</i>
<i>Gráfico 8 – Densidade urbana versus porcentagem do total de deslocamentos de passageiros através do transporte público, mundo afora (1990).....</i>	<i>36</i>

Gráfico 9 – Consumo de energia combinado, por setores em petajoules (10^{15} J)/ano	40
Gráfico 10 – Participação das categorias de combustíveis no consumo primário de energia	41
Gráfico 11 – Emissão de gases causadores do efeito estufa	41
Gráfico 12 – Estrutura do consumo final de energia por matriz energética (1986-2007).....	43
Gráfico 13 – Estrutura da demanda de energia de Taiwan, por setor (1986-2007).....	44
Gráfico 14 – Prospecto da demanda de energia por setor, caso BAU.....	46
Gráfico 15 – Prospecto da demanda de energia por tipo de combustível, caso BAU	47
Gráfico 16 – Conversão de energia por categoria de combustível, caso BAU.....	47
Gráfico 17 – Diferença de demanda de energia nos casos GOV versus BAU	48
Gráfico 18 – Diferença das saídas de conversão de energia, por categoria de combustível,	49
Gráfico 19 – Diferença de demanda de energia nos casos FIN versus BAU	49
Gráfico 20 – Diferença das saídas de conversão de energia, por categoria de combustível, nos casos FIN versus BAU.....	50
Gráfico 21 – Diferença de demanda de energia nos casos ALL versus BAU	50
Gráfico 22 – Diferença das saídas de conversão de energia, por categoria de combustível, nos casos ALL versus BAU	51
Gráfico 23 – Comparação da demanda total de energia, todos os cenários	52
Gráfico 24 – Comparação da saída de conversão de energia	52
Gráfico 25 – Comparação da emissão de dióxido de carbono, todos os cenários.....	53
Gráfico 26 – Comparação do consumo de energia em diferentes cenários, realizados no LEAP.....	57
Gráfico 27 – Densidade urbana versus consumo de energia (1999)	61
Gráfico 28 – Proporção de uso de veículo privado versus densidade (1999)	62
Gráfico 29 – Residuais do modelo linear que explica o consumo de energia per capita em transporte, por indicadores socioeconômicos e morfológicos (nas 34 cidades europeias estudadas)	64
Gráfico 30 – Consumo de energia em transporte versus densidade urbana, em tep (1990 e 2010/11)	137

Quadros

Quadro 1 – Suprimento de energia por energético, em milhões de kLep (%)	42
Quadro 2 – Consumo final de energia por setor, em milhões de kLep (%).....	43
Quadro 3 – Fatores de emissões de diferentes poluentes, em g/km.....	55
Quadro 4 – Valor dos indicadores urbanos computados para as 34 cidades europeias estudadas	65
Quadro 5 – Dados coletados	87
Quadro 6 – Dados populacionais das communes da Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB), 2011	101

<i>Quadro 7 – Consumo de energia de Aquitaine, 2010 (ktep)</i>	<i>102</i>
<i>Quadro 8 – Dados populacionais dos counties da Região Metropolitana de Cincinnati (OKI), (2010).....</i>	<i>102</i>
<i>Quadro 9 – Consumo de energia de Ohio, Kentucky e Indiana, 2011, por energético (ktep)</i>	<i>103</i>
<i>Quadro 10 – Consumo de energia de Ohio, Kentucky e Indiana, 2011, por setor (ktep)</i>	<i>103</i>
<i>Quadro 11 – Dados socioeconômicos dos Municípios do NUC</i>	<i>104</i>
<i>Quadro 12 – Consumo cativo de energia elétrica (MWh) dos municípios que compõem o NUC da RMC, 2011.....</i>	<i>105</i>
<i>Quadro 13 – Consumo de derivados de petróleo nos municípios do NUC, 2011</i>	<i>106</i>
<i>Quadro 14 – Características de Bordeaux, Cincinnati e Curitiba no âmbito do Projeto Ignis Mutat Res</i>	<i>107</i>
<i>Quadro 15 – Fatores de conversão dos energéticos para tep.....</i>	<i>109</i>
<i>Quadro 16 – Dificuldades/problemas na elaboração e matrizes energéticas parciais urbanas.....</i>	<i>123</i>
<i>Quadro 17 – Tempo médio em deslocamentos casa-trabalho, 2008-2009 (min).....</i>	<i>140</i>

Tabelas

<i>Tabela 1 – Produção de energia no Brasil, 2012 (tep)</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 2 – Suprimento de energia primária para os países europeus da OECD (Mtep)</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 3 – Comparação de diferentes cenários por consumo de energia</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 4 – Comparação de diferentes cenários por emissões de NO_x</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 5 – Comparação de diferentes cenários para as emissões de SO₂</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 6 – Comparação de diferentes cenários por emissão de PM₁₀.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 7 – Matriz de correlação entre mobilidade e indicadores sócio-econômicos.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 8 – Dados calculados para o consumo de energia de veículos automotores no modelo TRANUS</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 9 – Resultados das simulações das características de deslocamentos e consumo de energia no transporte</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 10 – Matriz energética da Communauté Urbaine de Bordeaux, por setor, 2010 (tep).....</i>	<i>111</i>
<i>Tabela 11 – Matriz energética da Communauté Urbaine de Bordeaux, por energético, 2010 (tep)..</i>	<i>112</i>
<i>Tabela 12 – Matriz energética parcial para transportes da.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabela 13 – Matriz energética da conurbação de OKI (Grande Cincinnati), por setor, 2011 (tep).....</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 14 – Matriz energética da conurbação de OKI (Grande Cincinnati), por energético, 2011 (tep)</i>	<i>115</i>
<i>Tabela 15 – Matriz energética parcial para transportes da conurbação de OKI (Grande Cincinnati), por energético, 2011 (tep).....</i>	<i>116</i>

<i>Tabela 16 – Matriz Energética do Núcleo Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba, 2011 (tep)</i>	<i>118</i>
<i>Tabela 17 – Matriz energética urbana do NUC da RMC, por setores, 2011 (tep)</i>	<i>119</i>
<i>Tabela 18 – Matriz energética parcial de transportes do NUC da RMC, 2011 (tep)</i>	<i>120</i>
<i>Tabela 19 – Dados das três regiões metropolitanas</i>	<i>135</i>
<i>Tabela 20 – Dados das três regiões metropolitanas</i>	<i>135</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALL	cenário que concentra as medidas consideradas nos cenários FIN, GOV e RET
ANP	Agência Nacional do Petróleo (BRASIL)
BAU	cenário que considera a conjuntura normal, <i>business-as-usual</i>
BEN	Balanço Energético Nacional
BIM	<i>building Information modeling</i>
BRT	<i>bus rapid transit</i>
BTU	<i>British Thermal Unit</i>
CAD	<i>computer-aided design</i>
CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (ONU)
GHG	<i>greenhouse gases</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
COMPAGÁS	Companhia Paranaense de Gás (BRASIL)
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL)
COPEL	Companhia Paranaense de Energia (BRASIL)
CUB	<i>communauté urbaine de Bordeaux</i> (FRANÇA)
EEA	<i>European Environment Agency</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL)
DENS	densidade populacional
DIST	dispersão dos habitantes no espaço
ENERGY	correlação entre energia consumida por habitante em transporte
ENTROPY	entropia
Insee	<i>Institut national de la statistique et des études économiques</i> (FRANÇA)
FIN	cenário que considera a crise econômica financeira
GDP	<i>Gross Domestic Product</i>
GOV	<i>Government</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL)
ICP	<i>International Comparison Program</i>
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INFRA	logaritmo da razão entre a malha de transporte público e a malha de rodovias
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social

IPEA	Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (BRASIL)
LEAP	<i>Long-range Energy Alternative Planning</i>
Lpe	litros de petróleo equivalente
MOTOR	carro próprio
NGV	<i>natural gas vehicle</i>
NUC	Núcleo Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
OKI	área conurbada de Cincinnati, nos estados de Ohio, Kentucky e Indiana
OWN	coeficiente taxa de carros próprios
PCI	poder calorífico inferior
PCS	poder calorífico superior
PIB	produto interno bruto
POP	cenário que considera a redução da população
POPU	população
PUB	cenário que considera a promoção do transporte público
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
SEI	<i>Stockholm Environment Institute</i>
TAZ	<i>traffic analysis zone</i>
tec	tonelada equivalente de carvão
tep	tonelada equivalente de petróleo
TRANUS	sistema de modelagem de uso do solo e transporte
TSM	cenário que considera a transição morfológica de assentamento
TSMP	cenário que considera a transição morfológica de assentamento com políticas
UITP	<i>Union Internationale des Transports Publics</i>
VAF	valor adicionado fiscal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Problema	22
1.2	Pressuposto	22
1.3	Objetivo	23
1.4	Justificativa	23
1.4.1	Ambiental	23
1.4.2	Social	26
1.4.3	Econômica	28
1.4.4	Tecnológica	30
1.5	Contextualização no programa	31
1.6	Estrutura da dissertação	32
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	34
2.1	Introdução	34
2.2	Dependência do automóvel	34
2.3	Análises multidimensionais	38
2.4	Considerações	73
3	MÉTODO	74
3.1	Definição da estratégia de pesquisa	74
3.2	Unidade de análise	76
3.3	Delimitação do trabalho	77
3.4	Justificativa da escolha a partir do objetivo	81
3.5	Mapa mental	82
3.6	Testes de validade	83
3.6.1	Validade interna	83
3.6.2	Validade externa	84
3.6.3	Validade de constructo	85
3.7	Seleção da amostra	85
3.8	Revisão bibliográfica	85
3.9	Protocolo de coleta de dados	86
3.10	Inferência técnica-contábil	87
3.11	Método de análise de dados	89
4	MATRIZES ENERGÉTICAS	90
4.1	Cidade	90
4.1.1	França	92
4.1.2	Estados Unidos	92
4.1.3	Brasil	93
4.2	As cidades de Bordeaux, Cincinnati e Curitiba	94
4.2.1	Bordeaux	94
4.2.2	Cincinnati	95

4.2.3	Curitiba	96
4.3	Dados levantados	100
4.4	Levantamento de dados no âmbito do projeto ignis mutat res	106
4.5	Fatores de conversão	108
4.6	Construção da matriz parcial de Bordeaux	110
4.7	Construção da matriz parcial de Cincinnati	114
4.8	Construção da matriz parcial de Curitiba	116
5	ANÁLISE DOS DADOS	121
5.1	Limitações do trabalho	121
5.2	Conclusões do relatório do Programa Ignis Mutat Res	129
5.3	Análise de dados das matrizes	132
5.3.1	Densidade e uso do automóvel	132
5.4	A abordagem da questão do consumo de energia na cidade	140
6	CONCLUSÕES	146
7	REFERÊNCIAS	151

1 INTRODUÇÃO

Desde a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), a Rio-92, as questões ambientais passaram a ocupar um espaço importante na sociedade como um todo, trazendo uma preocupação mais holística para o desenvolvimento, o que ficou exposto no principal documento produzido: a Agenda 21. A partir dessa Conferência e com as evidências de escassez das fontes de energia não renováveis, surgiram preocupações quanto à melhor utilização dos recursos findáveis do planeta. Aliado a isso, tem-se na questão energética um dos pilares do desenvolvimento e da segurança nacional para qualquer país, sendo, pois, o consumo energético uma preocupação perene da atual geração.

No século XXI a população vem se concentrando intensamente mais em centros urbanos, chegando no mundo já a uma taxa de 52,6%; na França, 86,3%; nos Estados Unidos, 82,6%; e, no Brasil, 84,9% (WORLD BANK, 2012). Essa tendência à urbanização é mundial e crescente.

Há ainda, na realidade brasileira, uma questão intraurbana, em que boa parte da população não tem acesso aos serviços prestados pela *urbe*, sobretudo pelo custo e pelo tempo necessários. Como cita Fernandes (2008):

[...] 26 milhões dos brasileiros que vivem em áreas urbanas não têm água em casa; 14 milhões não são atendidos por sistema de coleta de lixo; 83 milhões não estão conectados a sistema de saneamento; e 70% do esgoto coletado não é tratado, mas jogado em estado bruto na natureza. Mais de 50 milhões de brasileiros têm andado da casa para o trabalho, por não poderem arcar com os custos do deslocamento por transporte coletivo; um percentual crescente de pessoas tem dormido na rua, mesmo possuindo casas, para não ter de arcar seja com os custos do transporte, seja com o longo tempo de deslocamento até o trabalho e o risco de demissão no caso de atraso. O déficit habitacional em áreas urbanas foi recentemente estimado em 7,2 milhões de unidades no país, sendo que o número de imóveis vazios nessas áreas foi calculado em cerca de cinco milhões de unidades. Em suma, o país está enfrentando uma profunda, e crescente, crise urbana.

A partir desse contexto surge a pertinência em se fazer um estudo que contemple a cidade como organismo, aqui entendida como a região metropolitana conurbada e seu consumo de energia, itens que integram o escopo do Programa de Pesquisa *Ignis Mutat Res – penser l'architecture, la ville et les paysages au prisme de l'énergie*, inserido no *Profession Architecture Ville et Environnement*, da *Université de Bordeaux*.

Iniciado em 2012 e fruto de uma iniciativa do governo francês o Programa de Pesquisa *Ignis Mutat Res* congrega pesquisadores da *Ecole Nationale Supérieure d'Architecture et de Paysage*, da *University of Cincinnati* e da Universidade Federal do Paraná,

sob responsabilidade científica do Prof. J. Kent Fitzsimons, que abordou a problemática crescente energia – metropolização – mobilidade. Em função do caráter multidisciplinar do tema, o grupo de pesquisa foi composto por arquitetos, urbanistas (*urban planners*), engenheiros e sociólogos, todos professores dos programas de pós-graduação em seus países de origem.

Integrando o Programa *Ignis Mutat Res*, o presente trabalho visa apresentar matrizes energéticas parciais das três cidades que fazem parte da amostra desse programa: Bordeaux, Cincinnati e Curitiba, de modo que se tenha com maior clareza qual é a distribuição de energéticos no consumo, sobretudo com o enfoque sobre a mobilidade.

Matrizes energéticas são inventários realizados por países sobre a produção e o consumo de energia, classificados por energéticos (o combustível de que se origina a energia) ou por atividades (em que setor a energia é consumida). Há décadas essa ferramenta vem sendo utilizada para que nações possam realizar seu planejamento energético e balizar a tomada de decisões, além de permitir comparações entre os diversos países, e de, ao longo dos anos, análises sobre as mudanças nas matrizes energéticas. É, de fato, uma importante ferramenta para planejamento e para análise da questão energética.

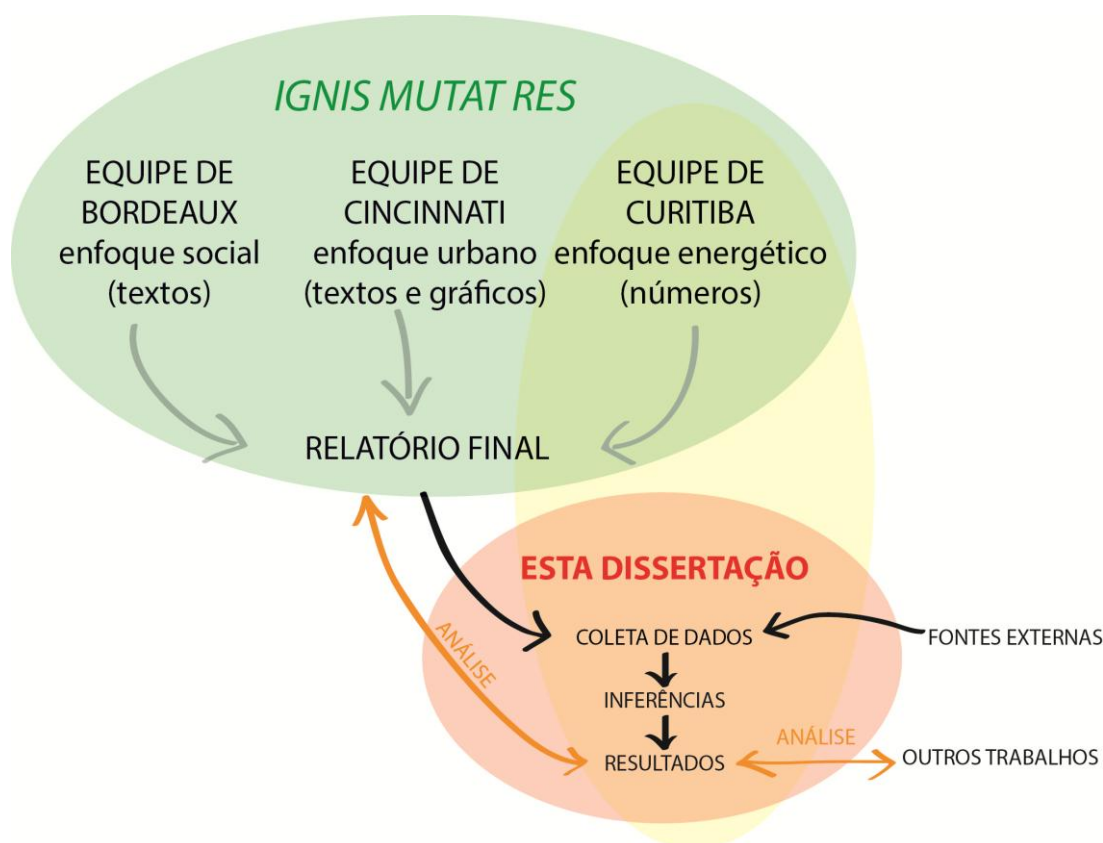
Em escalas menores, contudo, essa abordagem é incomum, de modo que as menores matrizes (balanços, inventários) energéticas são normalmente na escala estadual ou regional, pois a própria coleta e seleção dos dados é mais facilitada. Não é usual a escalas menores, como a urbana. De qualquer maneira, a utilidade das matrizes é semelhante em qualquer escala, e, portanto, a constituição de matrizes energéticas para cidades é, da mesma forma, um instrumento útil para a questão energética como um todo na escala urbana.

No início, a proposta desta pesquisa, contextualizada no Programa *Ignis Mutat Res*, era de, a partir de dados disponíveis das cidades de Bordeaux, Cincinnati e Curitiba quanto ao consumo de energia, fazer simulações de cenários para um horizonte de 20 anos, a exemplo do que vem sendo feito em várias cidades mundo afora, (KENWORTHY & LAUBE, 1996; LE NÉCHET, 2012; SHABBIR & AHMAD, 2010; YOPHY, JEFFREY, & CHIEH-YUC, 2010). Trabalhar, entretanto, com cidades pertencentes a diferentes países, e condições geográficas e socioeconômicas, implica aferir informações provenientes de fontes político-administrativas distintas, nomenclaturas variadas, divergências técnicas, idiosincrasias de conceitos e de definições que dificultaram sobremaneira o processo de coleta de dados. Sendo, pois, os objetos de estudo as três cidades, as dificuldades na coleta de dados homogêneos que permitissem uma análise mais aprofundada e mesmo a comparação surgiram como um entrave, tanto no grupo de pesquisa *Ignis Mutat Res* quanto no desenvolvimento deste trabalho, fato devido, sobretudo,

à falta de alguns dados, às diferenças políticos-administrativas, às discrepâncias técnicas. Diferenças essas realçadas em função das realidades díspares: três culturas, três continentes, três línguas.

Como esta pesquisa surgiu como uma parte do Programa *Ignis Mutat Res*, que teve uma abordagem diversificada, cada equipe em cada uma das cidades trabalhou com os dados das três cidades que foram coletados, sendo que, em função das características dos membros de cada equipe, viés de pesquisa e formação, os trabalhos se assentaram a cada uma, a saber, o enfoque social ficou com os franceses, o enfoque formal com os norte-americanos, e os dados com os brasileiros, ainda que, com efeito, todas as equipes tenham trabalhado em todas as áreas. Estando, pois, inserido na equipe de Curitiba, o autor realizou o trabalho tendo a pretensão de encontrar dados mais precisos sobre o consumo de energia, de modo a servirem para demais análises/comparações dentro do próprio Programa, mas também para outros estudos e, ainda, futuros. O que, de fato, se concretizou na elaboração das matrizes energéticas parciais das cidades. A Figura 1 ilustra a inserção e relação desta dissertação com o Programa *Ignis Mutat Res*.

Figura 1 – Inserção e relação da dissertação com o Programa *Ignis Mutat Res*



Fonte: O Autor

Dessa forma, este trabalho se restringiu à confecção de matrizes energéticas parciais para as metrópoles em tela, a partir dos dados disponíveis, dentro do tempo estipulado para a elaboração desta pesquisa; e ainda, não menos importante, à sua interpretação. Mesmo assim, o caráter multidisciplinar e a abordagem descritiva de um tema incomum para a escala urbana: matrizes energéticas, se mantiveram coerentes dentro do enfoque inicial e da ambição em estudar a questão energética nas cidades.

1.1 PROBLEMA

Como afirma Robson (2011), o problema deve ser definido de maneira clara, e através de uma pergunta. Logo, o problema apresentado para este trabalho é:

Quais são as matrizes energéticas parciais das cidades de Bordeaux, Cincinnati e Curitiba?

1.2 PRESSUPOSTO

Os balanços energéticos nacionais realizados anualmente servem como ferramenta indispensável para o planejamento energético das nações, e, no caso do Brasil, após o Apagão ocorrido em 2001, foi criada em 2004 a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que vem desde então sendo a responsável pela confecção do Balanço Energético Nacional (BEN). No Estado do Paraná, os dados são coletados e tabulados pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), que, da mesma forma, elabora o Balanço Energético do Estado e que servem também para a confecção do BEN. Assim como vários países elaboram os seus balanços, e, inclusive, a *International Energy Agency* (IEA) faz o balanço mundial.

O BEN é realizado pautado nos dados gerados pelas concessionárias de energia elétrica para cada região do país, além dos dados dos demais combustíveis a base de petróleo, através da Agência Nacional do Petróleo (ANP), compilando-se o produto final, numa abordagem *bottom-up*.

Da mesma maneira, como nos casos da França e dos Estados Unidos, os balanços energéticos são realizadas a partir de dados levantados nas escalas estaduais ou regionais, igualmente numa abordagem *top-down*.

Assim, parte-se do pressuposto de que se pode depreender de matrizes energéticas regionais matrizes energéticas de áreas urbanas, na realidade em que se encontram – ou seja, ultrapassando limites políticos ou administrativos municipais ou regionais, antes, considerando toda a unidade de uma metrópole –, através de inventário técnico-contábil, de

modo a descrever relações entre características de uma cidade e o consumo de energia. Isso, através de inferência contábil, numa abordagem *top-down*.

1.3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é construir matrizes energéticas parciais das cidades de Bordeaux, Cincinnati e Curitiba, através de inferência contábil numa abordagem *top-down*, que permita ser fonte para decisões sobre planejamento urbano e energético na escala metropolitana dessas cidades. É também um objetivo do Projeto *Ignis Mutat Res*¹, o qual tem as três cidades como objetos de estudos, inclusive sob o prisma da energia.

1.4 JUSTIFICATIVA

Nesta seção serão apresentadas as justificativas para o desenvolvimento desta pesquisa, sob alguns aspectos.

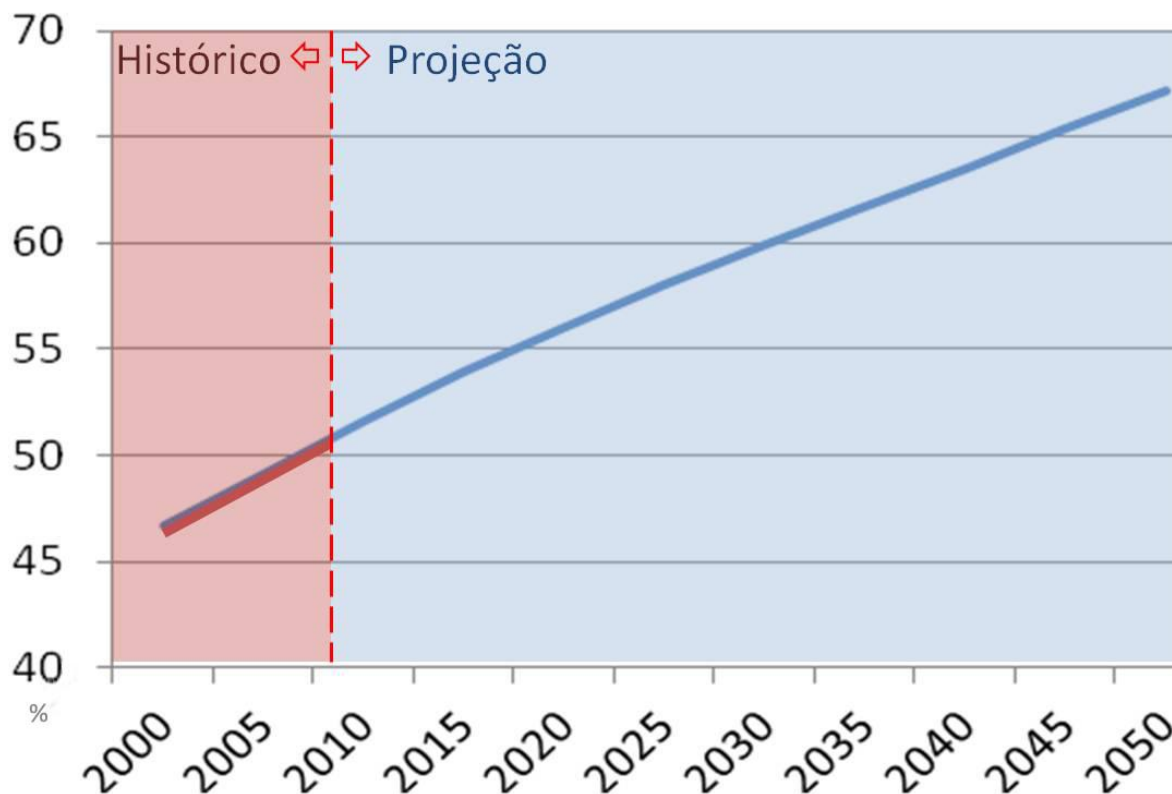
1.4.1 Ambiental

A EPE vem realizando balanços energéticos nacionais (EPE, 2013a) de modo que sirvam para o planejamento energético do país, dentro de uma realidade em que as energias não renováveis se tornam escassas e a sustentabilidade ambiental um problema efetivo. Dessa forma, o consumo de energia é uma preocupação perene desde a crise do petróleo em 1973, a despeito da descoberta de novas reservas posteriormente, como o pré-sal, na costa brasileira e o gás boliviano. As alterações climáticas causadas por intervenções antrópicas são assunto de interesse da comunidade científica e a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), a Rio-92, houve discussões para que se consolide o compromisso pela diminuição das emissões de CO₂.

As cidades concentram a maior parte da população mundial, com a urbanização crescente em todo o mundo, conforme o Gráfico 1 (UN ESA, 2011) – que demonstra as estimativas de urbanização no mundo das Nações Unidas –, sendo o local em que há os maiores consumos.

¹*Ignis Mutat Res* é um programa de pesquisa do Governo da França, do qual fazem parte as Universidades de Bordeaux II, Cincinnati e Federal do Paraná, cujos objetos de pesquisa são as regiões metropolitanas das cidade em que se encontram as universidades.

Gráfico 1 – Porcentagem de população urbana no mundo

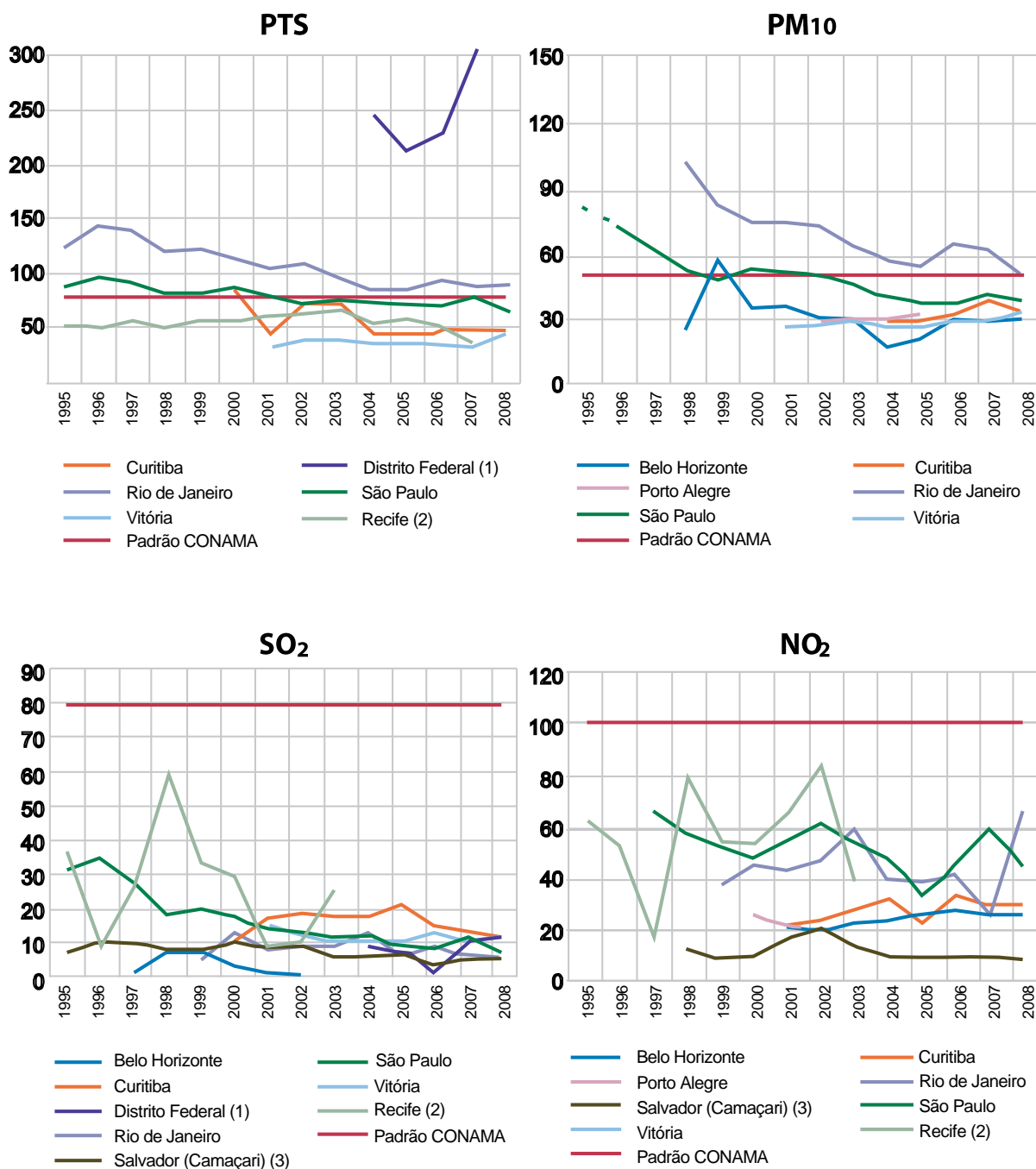


Fonte: (UN ESA, 2011), adaptado

Segundo o BEN 2013 (EPE, 2013b), relatório síntese, a utilização de energia pelo setor de transportes, a saber, 31,3%, fica apenas abaixo do uso industrial, correspondente a 35,1%, sendo aquele setor o maior responsável por emissões antrópicas: 192,0 MtCO₂-eq de um total de 395,8 MtCO₂-eq em 2011.

A dependência de veículos automotores para a mobilidade é uma importante causa de poluição, dado que 74,5% (EPE, 2013b) do consumo de energia para transporte em 2011 foi em gasolina ou diesel, o que gera poluição atmosférica nos processos de combustão. No caso de Curitiba, a poluição atmosférica é associada às doenças respiratórias, sobretudo entre crianças (BAKONYI *et al.*, 2004), e os índices de poluição são bastante significativos, conforme apresentou o IBGE, 2010, no Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (Gráfico 2), ainda que na média não ultrapassem os padrões do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente).

Gráfico 2 – Concentração média anual, por tipo de substância



Fonte: (IBGE, 2010)

O lugar-comum na comunidade científica e na sociedade civil de que a queima de combustíveis fósseis e a emissão dos gases causadores do efeito estufa produzem danos difíceis de serem controlados no médio prazo impeliu a produção de conhecimento científico que dirimisse esses impactos. Este trabalho, da mesma forma, busca orientar quais seriam os melhores caminhos rumo a um consumo menor de energia, e, por consequência, menor

poluição, sem detrimento do desenvolvimento econômico e social. Saliente-se que a dependência de fontes não-renováveis na matriz energética brasileira é significativa, conforme demonstra a Tabela 1 (EPE, 2013b) – ainda que a contribuição de fontes renováveis como a energia hidráulica e os biocombustíveis sejam bastante significativas –, e que, ao contrário, muitos modais de transporte urbano poderiam utilizar energias renováveis.

Tabela 1 – Produção de energia no Brasil, 2012 (tep)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Petróleo	77225	76641	84300	89214	90765	94000	100918	106559	108976	107017
Gás natural	15681	16852	17575	17582	18025	21398	20983	22771	23888	25574
Carvão vapor	1785	2016	2348	2200	2257	2552	1913	2104	2134	2517
TOTAL	183742	190238	200522	211802	223708	236555	240558	253174	256529	257299
Percentual de fontes não renováveis	51,53%	50,21%	51,98%	51,46%	49,64%	49,86%	51,47%	51,91%	52,62%	52,51%

Fonte: (EPE, 2013b), adaptado

Na Europa, da mesma maneira, a dependência de fontes não renováveis permanece alta, tendo o agravante da grande dependência de combustíveis importados para atendimento da demanda. A Tabela 2 apresenta a porcentagem das principais fontes não-renováveis no suprimento total.

Tabela 2 – Suprimento de energia primária para os países europeus da OECD (Mtep)

	1990	2000	2006	2007	2008 (est.)
Petróleo	602,71	647,01	653,43	633,90	631,96
Gás natural	257,98	390,75	449,75	447,73	459,00
Carvão	441,60	327,11	330,63	337,20	314,97
TOTAL	1604,00	1735,00	1843,00	1827,00	1818,00
Percentual de fontes não renováveis	81,19%	78,67%	77,80%	77,66%	77,33%

Fonte: (OECD, 2009), adaptado

1.4.2 Social

A urbanização vem aumentando em todas as regiões do mundo, bem como o consumo energético em função do crescimento econômico e da maior difusão de tecnologias a todos, o que, no contexto de escassez de fontes não-renováveis de energia faz urgir a necessidade de ferramentas para sua melhor gestão e utilização. Se forem considerados todos os benefícios trazidos pelo uso da energia à sociedade, uma ferramenta como a matriz

energética, que auxilia na gestão e no planejamento energético, trazendo, por conseguinte, melhor utilização e diminuição no custo, além de benefícios diretos à economia e ao meio ambiente, é uma fonte de informações indispensável.

Matrizes energéticas podem auxiliar como argumento pela opção de modais que utilizem fontes mais limpas na medida em que evidenciam qual energético é o mais utilizado em um contexto, normalmente direcionando a soluções como trens ou metrô elétricos, o que beneficia a mobilidade e a qualidade de vida nas *urbes*. Por outro lado, o mau estado do transporte coletivo no Brasil, e a opção pelo modal ônibus – menos eficiente do ponto de vista energético e mais poluidor –, são entraves ao progresso e qualidade de vida da população nas cidades. Ademais, como meio de encontro entre classes, um transporte público eficiente implica aproximação social, pois, através dele, é possível diminuir distâncias e até mesmo aproximar pessoas em classes e condições distintas. Possivelmente um transporte público eficiente: economicamente e com qualidade atrai usuários e diminui tensões sociais no ambiente urbano, e quando utiliza uma fonte de energia menos poluente, traz benefícios ambientais.

Em *Social Analysis in Transport Projects: Guidelines for Incorporating Social Dimensions into Bank-Supported Projects* (WORLD BANK, 2006) as orientações a projetos de transportes partem do pressuposto de que a melhor mobilidade muda as vidas das classes menos favorecidas, na medida em que permite acessos a serviços e empregos, desde que seja acessível financeiramente. Esse guia apresenta exemplos de influências que os projetos em transporte trazem, entre elas:

Em ambientes urbanos densamente povoados, o planejamento e os projetos de transporte que buscam incluir uma mistura adequada de projetos para pedestres, transporte público eficiente e confiável, e ao mesmo tempo, promover atividades saudáveis como caminhar e utilizar bicicleta auxiliariam a minimizar os impactos negativos à saúde (tradução do autor).

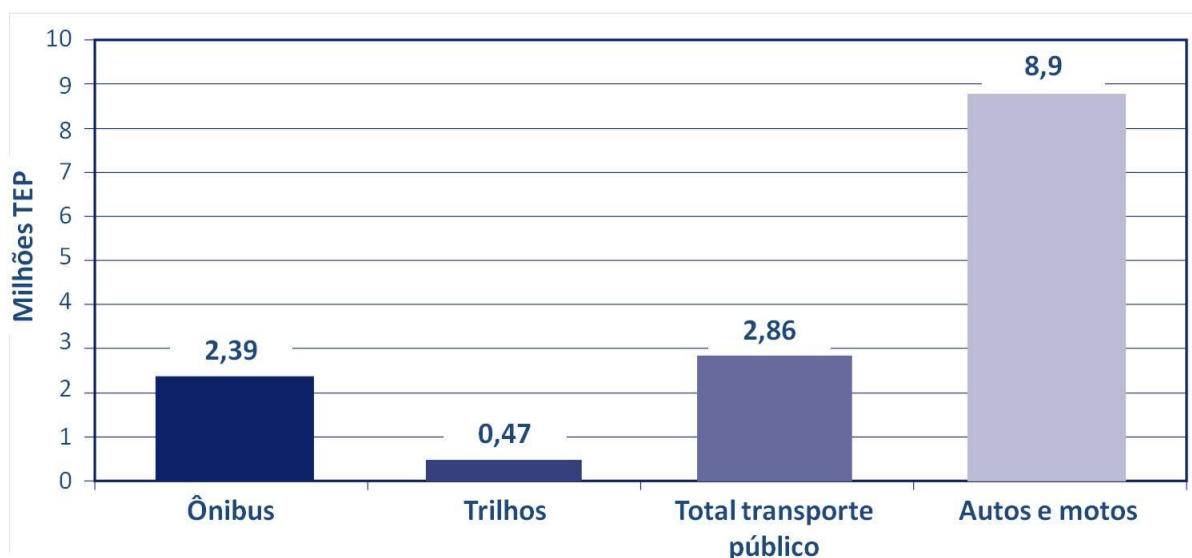
A criação de matrizes energéticas para áreas metropolitanas fomentará os argumentos para melhor escolha em função da realidade de uma cidade. Nesse sentido, este trabalho, na medida em que mensura o quadro de energia em cidades, tem como produto o auxílio ao desenvolvimento e consolidação de espaços mais sustentáveis, o que traz benefícios sociais.

1.4.3 Econômica

Já na questão econômica, a despeito das recentes descobertas de campos petrolíferos na costa brasileira, a exemplo do pré-sal, o custo de extração é demasiado elevado, e como *commodity* que é, o petróleo permanece sob a volatilidade do mercado financeiro. Na França existe uma dependência de energia atômica, e os Estados Unidos, por seu turno, a cada dia tendem a se tornar autossuficientes em energia, pela maior produção de petróleo e a opção por fontes limpas. Dessa forma, qualquer mecanismo de gestão de consumo de energia implica em economia. Havendo, pois, menor gasto com divisas na macroeconomia numa *commodity* (no caso do Brasil), a liquidez interna aumenta permitindo novas inversões. Na microeconomia, por sua vez, o uso de fontes alternativas pode implicar redução de custos.

Num enfoque de mobilidade, conforme apresentado pelo CEPAL – IPEA (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, da Organização das Nações Unidas – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas, 2011), o consumo de energia do transporte público está bem menor que o individual motorizado, Gráfico 3, em toneladas equivalentes de petróleo (tep). Isso devido ao aumento da frota nas últimas duas décadas.

Gráfico 3 – Consumo de energia na mobilidade, cidades com mais de 60 mil habitantes (2007)

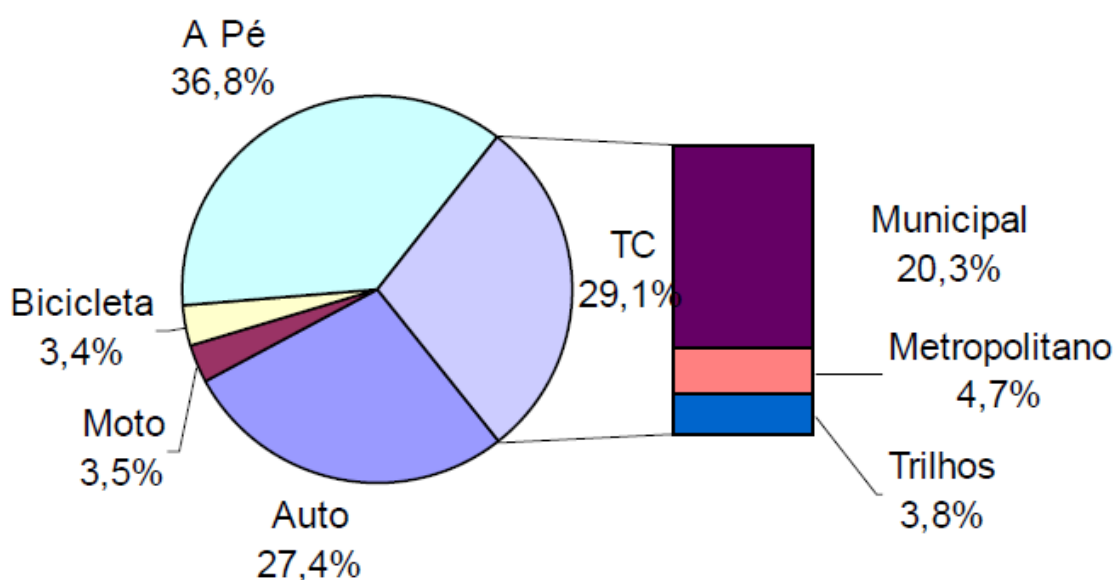


Fonte: ANTP, Sistema de Informação de Mobilidade *apud* CEPAL-IPEA (2011)

Outro ponto relevante levantado pela CEPAL - IPEA (2011) foi o caráter da política econômica brasileira no que tange os incentivos. Para a indústria automobilística há a desoneração de impostos para a produção em tempos de crise e os vários incentivos da União

e dos Estados para a instalação de montadoras de automóveis; não há, todavia, a mesma contrapartida para a utilização, por exemplo, de sistemas metroviários, uma vez que o consumo de energia elétrica para esse modal se dá mais intensamente nos horários de maior demanda diária de eletricidade, justamente quando há maior quantidade de passageiros e o sistema funciona a plena carga. O sistema tarifário de energia tem valores mais elevados para o consumo realizado no horário de ponta, encarecendo, portanto, o custo de utilização desse modal. A baixa utilização do modal ferroviário para transporte urbano no país fica mais visível na divisão modal nos transportes urbanos no Brasil (Gráfico 4). De qualquer modo, em cidades brasileiras com mais de 1 milhão de habitantes o percentual de utilização do transporte coletivo sobe de 29,1% para 36% em relação à média nacional (ANTP, 2012).

Gráfico 4 – Divisão modal (2011)



Fonte: (ANTP, 2012)

No tocante, ainda, à mobilidade urbana, que está diretamente ligada à sustentabilidade e ao fator economia, um estudo sobre o tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (IPEA, 2013) aponta:

Curitiba, por exemplo, é um caso de destaque que mereceria atenção em futuros estudos. Apesar da sua conhecida reputação pelo planejamento urbano integrando a regulação de uso do solo com o planejamento do sistema de transportes, a capital

paranaense apresenta a segunda maior desigualdade entre ricos e pobres em termos do tempo gasto nas viagens casa-trabalho. Provavelmente, este dado esteja relacionado ao fato que esta região possui a maior extensão territorial e a menor densidade demográfica de todas as regiões metropolitanas brasileiras. Além disso, alguns autores sugerem que o rigor da política e da regulação urbana de Curitiba tem favorecido o encarecimento das áreas residenciais mais centrais e ao longo dos corredores de transporte, contribuindo para expulsão da população mais pobre para áreas mais distantes na periferia onde as condições de transporte costumam ser piores. O sucesso da política urbana e de transporte de Curitiba parece ter um certo preço, uma vez que sustentabilidades ambiental e social não são facilmente conciliáveis com as políticas de transporte.

Nesse contexto, a mensuração do consumo de energia é útil para se definir as políticas para o setor, e auxiliar na avaliação dos custos para o próprio usuário.

1.4.4 Tecnológica

O consumo energético vem sendo mensurado em vários estudos, em vários países. Yophy, Jeffrey e Chieh-Yuc (2010) apresentaram prognósticos para Taiwan, exemplificando que a utilização de modelagem energética em cenários, a partir de dados atuais oficiais sobre consumo, pode balizar as decisões políticas e administrativas em prol da diminuição do consumo energético. Shabbir e Ahmad (2010), da mesma forma, demonstraram a monitoração da poluição do ar e do consumo energético, a partir de fontes oficiais sobre emissões e consumo, para as cidades de Rawalpindi e Islamabad, apresentando cenários futuros. Esses estudos, entre outros, apresentam o gasto energético em cidades.

Os balanços energéticos nacionais e regionais, da mesma forma, são bem difundidos há anos para escalas nacionais ou estaduais, mas na escala urbana, se configuram como uma proposta pouco usual, o que faz esta pesquisa ter relevância tecnológica pela abordagem proposta.

No caso das três cidades, será uma maneira de apresentar o gasto energético na escala metropolitana, fornecendo dados que serão úteis à descrição do consumo de energia através de método contábil, e que permitirá novas comparações, com outras cidades, em estudos futuros, como os realizados por Le Néchet (2012), desencadeando uma discussão de mais elevado nível técnico.

1.5 CONTEXTUALIZAÇÃO NO PROGRAMA

Desde 2002 o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil vem produzindo trabalhos com a sustentabilidade em seu bojo. Apesar da grande gama de significados que esse conceito traz consigo, de fato a preocupação ambiental e urbana é perene desde a criação do Programa. Pode-se destacar o trabalho de Druszczyk (2002), sobre avaliação dos aspectos ambientais dos materiais de construção civil, como exemplo. Esta tendência mundial também se manteve no programa, conforme será aqui apresentado.

Trabalhos que investigaram o ensino de temas ligados à sustentabilidade, como o de Xavier (2011), sobre a temática da sustentabilidade no ensino de graduação em arquitetura e urbanismo, e o de Kowaleski (2009), que trata da educação em conforto ambiental, exemplificam a produção da temática entre os atores da construção civil. No âmbito da gestão, também houve trabalhos com viés ambiental, tendo-se como os exemplos de Lobo (2010a), Proposta de ferramenta de avaliação de sustentabilidade ambiental em edificações hospitalares na região metropolitana de Curitiba; Lobo (2010b), Inventário de emissão equivalente do dióxido de carbono e energia embutida na composição de serviço em obras públicas: Estudo de caso no Estado do Paraná; e, Druszczyk (2002), Avaliação dos aspectos ambientais dos materiais de Construção Civil.

Há, ainda, trabalhos que abordam a escala da *urbe* ou a escala regional, todos com algum viés ambiental, sustentável. Como estudos que abordaram os recursos hídricos pode-se citar Sabbag Filho (2006), Diretrizes para recuperação e conservação ambiental de mananciais de abastecimento de água comprometidos por ocupações irregulares; Fortunato (2006), Subsídios à prevenção e controle das inundações urbanas: bacia hidrográfica do Rio Belém – Município de Curitiba – PR; e Prestes (2010), Indicadores de sustentabilidade em urbanização sobre áreas de mananciais: uma aplicação do barômetro da sustentabilidade na ocupação do Guarituba – Município de Piraquara – Paraná. Outros trabalhos que abordaram temas que envolvem a escala urbana, pelo conjunto ou mesmo pelo próprio enfoque foram os de Pertschi (2005), Aspectos do campo térmico da área urbana de São José dos Pinhais/PR: situação de verão; Campos (2005), Análise da influência da orientação da testada dos lotes na ocupação do setor estrutural de Curitiba; e Otsuka (2010), Desenvolvimento de modelo hiperbólico com processo de biodegradação acoplado para previsão do comportamento geomecânico de resíduos sólidos urbanos.

Ademais, o propósito desta pesquisa se insere no projeto *Ignis Mutat Res*, que pesquisa as cidades de Bordeaux, Cincinnati e Curitiba sob vários aspectos, sendo que aqui

cabe a análise sob o prisma energético. Mencione-se a participação dos professores Aloísio Leoni Schmid e Cristina Araújo de Lima, professores do Programa, no projeto *Ignis Mutat Res*, adotado na UFPR pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo, o que permitiu a participação desses professores no projeto.

Dessarte, a elaboração de matrizes energéticas para as três cidades, bem como a elaboração de matrizes energéticas para a escala urbana e metropolitana, objeto deste projeto, insere-se em consonância com a produção dos últimos anos no Programa.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O Capítulo 1 apresentou o tema de pesquisa, a relevância da questão energética sobretudo na escala urbana e as justificativas para seu empreendimento, além da inserção dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil e do Programa *Ignis Mutat Res*, ressaltando a multidisciplinaridade da questão e a abordagem pouco usual.

No início dos trabalhos a pretensão era a modelagem computacional, a partir de informações de uma cidade, com a criação de cenários hipotéticos para sondar a que resultados se chegariam determinadas tomadas de decisões, de modo a se chegar a conclusões sobre os resultados que eventuais medidas sobre o consumo de energia na cidade poderia trazer nos três casos em questão, assim como fizeram outros autores (SHABBIR & AHMAD, 2010; ZHOU *et al.*, 2013). Como, entretanto, este trabalho também estava inserido num grupo de pesquisa internacional, e que o problema era não somente numa cidade, mas em três, a coleta de dados se mostrou o grande desafio, pois eram três países com realidades muito diferentes, e com dados igualmente desuniformes.

O maior estudo já realizado envolvendo atributos urbanos e cidades foi o de Le Néchet (2012), que contou com a uniformidade e disponibilidade de dados das cidades, no caso, as europeias. Há outros, como os de Kenworthy e Laube (1999), anteriores, mas que não abordam a cidade e a metropolização como um todo. Da mesma forma, não há publicações científicas sobre o tema dos balanços energéticos, há sim, trabalhos e pesquisas tecnológicas, sejam pelos governos, sejam pelas indústrias envolvidas, tendo mais um caráter de inventários, estratificação dos resultados. Por essas razões, a Revisão Bibliográfica apresentada a seguir, Capítulo 2, discorre sobretudo a respeito da simulação de cenários, que partiram dos dados oficiais do governo ou das empresas, seja como referencial inicial de dados, seja como critério para a determinação de fatores nas simulações, sendo, portanto, a corroboração da fonte primária utilizada.

Para o desenvolvimento do trabalho a estratégia inicial era a modelagem computacional, que, em função dos motivos já expostos, passou à coleta de dados, a saber, os consumos nas regiões que abrangem as cidades objetos de estudo. O Capítulo 3, Método, apresenta em pormenores a estratégia e abordagem utilizadas para este estudo. Cabe ressaltar que por ser uma pesquisa descritiva, com viés multidisciplinar e sem referências científicas recentes para a abordagem proposta, a escolha foi pelo estudo de caso.

O Capítulo 4, Matrizes energéticas, por sua vez, apresenta os dados coletados de cunho energético, populacional e econômico, e exhibe, também, as inferências utilizadas, e, por fim, as matrizes energéticas parciais das três cidades.

Devido às falhas de constructo existentes neste estudo exploratório, de caráter qualitativo, sobretudo em função da natureza dos dados coletados, é apresentada na Capítulo 5, Análise dos dados, uma seção sobre as limitações deste trabalho. No âmbito da pesquisa interinstitucional, O Relatório Final do Programa *Ignis Mutat Res* tem parte de suas conclusões e dados coletados expostos no mesmo capítulo, para melhor retratar o ambiente em que foi realizado este trabalho e, mormente, as conclusões a que se chegaram. Não são, contudo, o objetivo deste trabalho. As conclusões do *Ignis Mutat Res*, servem para ilustrar parte da utilidade que a ferramenta matriz energética permite, mesmo em relação a outros estudos. São, da mesma forma, apresentados e comparados os dados obtidos pelas matrizes, através do método de inferência aplicado, com as conclusões a que chegaram outros estudos (KENWORTHY & LAUBE, 1996; LE NÉCHET, 2012).

Por fim, no Capítulo 6, Conclusões, são expostas as falhas de método, que levou a dados não condizentes, na maioria, ao que a literatura insinua. Ainda são apresentados estudos que utilizam métodos geográficos mais precisos, para a formatação de mapas energéticos a partir, inclusive, de dados de balanços energéticos regionais, como os que foram utilizados como fontes para a elaboração da matrizes parciais. As derradeiras diretrizes são apresentadas para orientar futuros estudos no sentido de melhor gerar matrizes energéticas de cidades, obtendo melhores resultados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUÇÃO

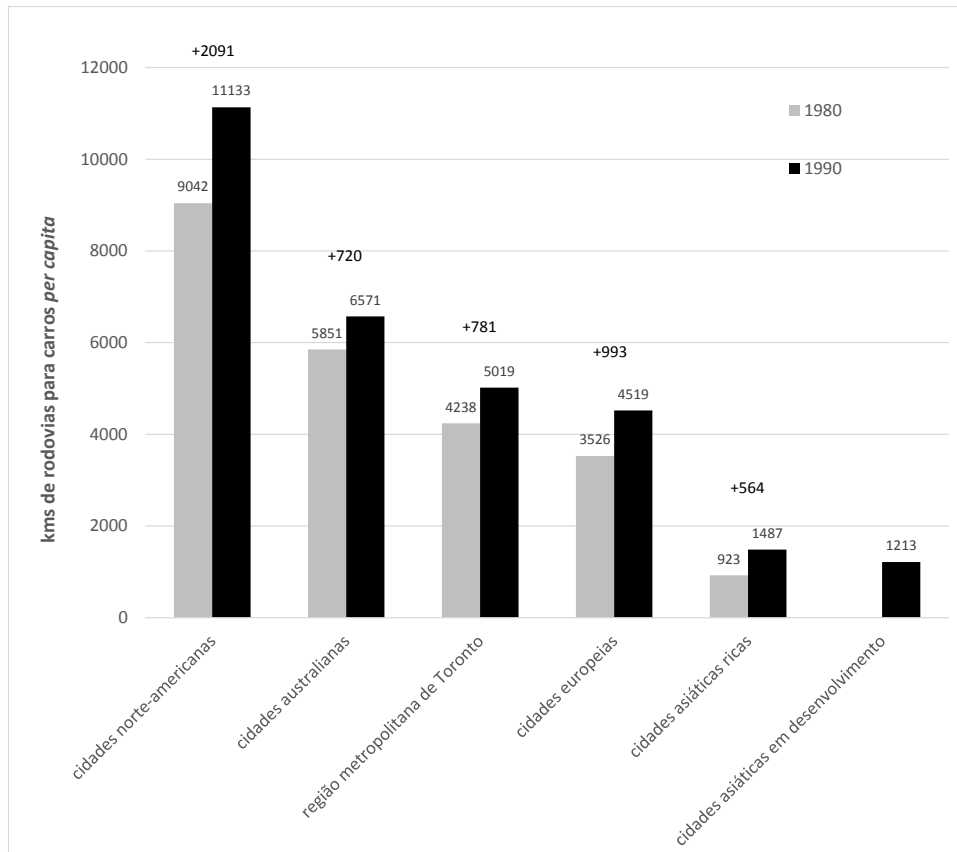
Neste capítulo será apresentado o estado da arte sobre a questão energética na escala urbana, com ênfase na mobilidade, como os pesquisadores têm abordado a questão e que meios têm sido utilizados para a chegada a conclusões que norteiem as decisões políticas concernentes. Cabe salientar que essa revisão começou a ser elaborada quando o objetivo ainda eram as simulações, a partir de fontes de dados disponível. Ambição esta que se mostrou inviável, dadas sobretudo a dificuldade na coleta e tabulação de dados.

2.2 DEPENDÊNCIA DO AUTOMÓVEL

A utilização do automóvel como importante modal de transporte ocorre no mundo todo, devido a diversos fatores, como o conforto, a agilidade, o *status* social, a própria disponibilidade de infraestrutura, dentre outros.

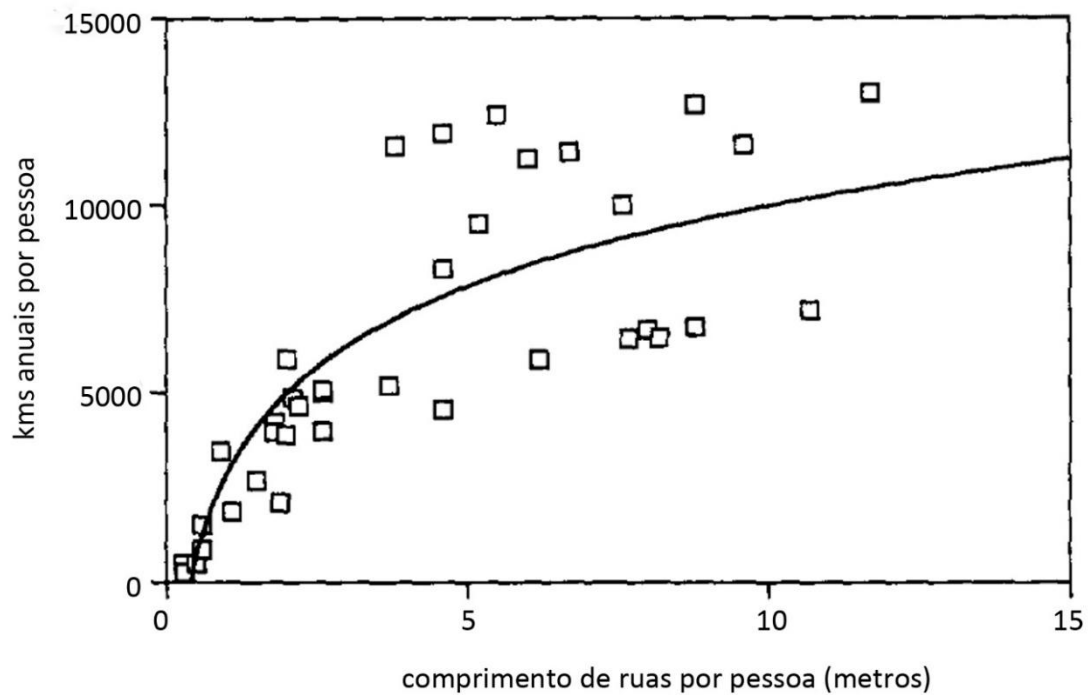
O estudo de Kenworthy e Laube (1996) sugeriu que a utilização de carros nas cidades é maior nas americanas e australianas que em comparação às asiáticas (Gráfico 5). Há também uma tendência ao maior uso do automóvel quanto maior for a infraestrutura disponível para veículos, conforme o Gráfico 5. Por outro lado, quanto mais densa a cidade, maior é a utilização de transporte público, Gráficos 6 a 8. Nesse sentido, quanto maior a densidade, menor a utilização do automóvel, até, porque, normalmente uma menor densidade sugere maior quantidade de vias para automóveis, que por sua vez induz à sua utilização.

Gráfico 5 – Uso de carro por habitante em cidades



Fonte: Kenworhty e Laube (1996)

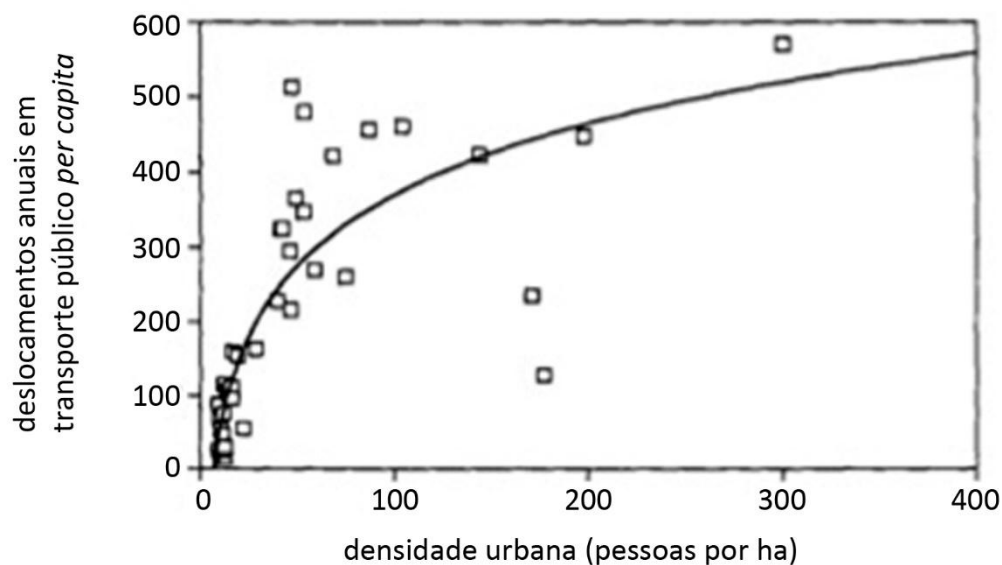
Gráfico 6 – Disponibilidade de ruas versus o uso do carro por pessoa em cidades (1990)



Fonte: Kenworhty e Laube (1996)

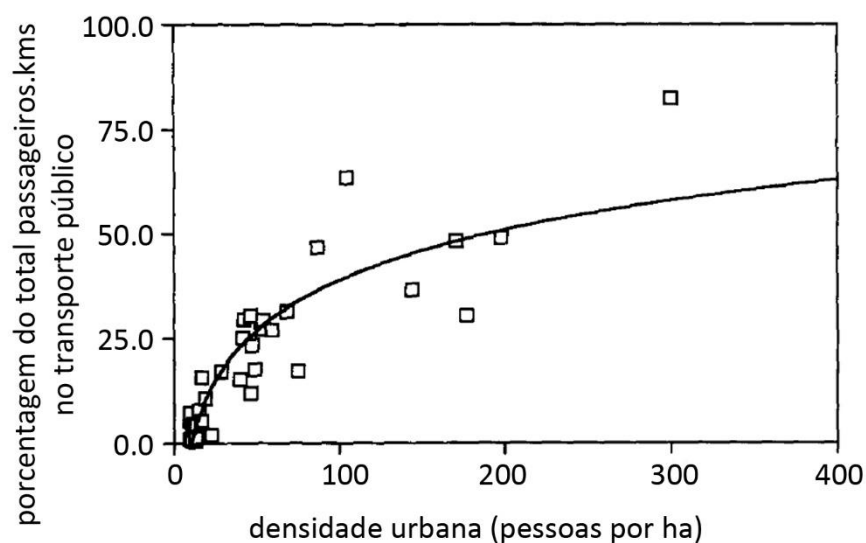
O Gráfico 5 apresenta a relação maior de oferta de infraestrutura para carros nas cidades norte-americanas frente as demais, e ainda ressalta o crescimento dessa infraestrutura na década de 1980 em todo o mundo. O Gráfico 6, por seu turno, sugere que quanto maior a extensão de vias por habitantes, maiores são as distâncias anuais percorridas por habitante.

Gráfico 7 – Densidade urbana *versus* deslocamentos anuais por transporte público por habitante (1990)



Fonte: Kenworthy e Laube (1996)

Gráfico 8 – Densidade urbana *versus* porcentagem do total de deslocamentos de passageiros através do transporte público, mundo afora (1990)



Fonte: Kenworthy e Laube (1996)

A partir da análise dos dados no trabalho de Kenworthy e Laube (1996) se chegou à conclusão de que cidades mais densas demandam menos deslocamentos, e, portanto, menor dependência do automóvel. Esse estudo mostrou que quanto melhor o sistema de transporte público, menor a dependência do uso de automóveis. Ao final, os autores apresentam estratégias em direção a um transporte mais sustentável, em quatro partes: objetivos para o uso do solo, objetivos para o transporte privado, objetivos para o transporte público e objetivos para locomoção não-motorizada. Todas estratégias que fomentam a utilização de transporte coletivo em detrimento do automóvel.

Num estudo contemporâneo a esse, a partir das análises entre espraiamento urbano e utilização do automóvel, chegou-se a conclusões semelhantes, de que quanto maior a área ocupada por uma cidade, maior a tendência à utilização do automóvel, e, dessa forma, as políticas mais adequadas seriam, dentre outras, as já existentes de fomentar as cidades compactas, incentivar o *smart growth* (como nos Estados Unidos) e a consolidação urbana (como na Austrália), e evitar o espraiamento urbano (CAMERON *et al.*, 2003).

Partindo da análise de vários outros estudos e utilizando como fontes primárias as estatísticas governamentais, analisando esses dados, (KUHNIMHOF *et al.*, 2012) concluindo que na Alemanha houve, na última década, um decréscimo na utilização de carros para deslocamentos entre jovens, 18 a 29 anos, sendo as duas principais causas, segundo os autores, o aumento no uso de multimodais, especialmente entre aqueles que possuem carro, e um decréscimo na posse de carros entre jovens homens adultos. Este último sendo reduzido a tal ponto que não há mais diferença entre jovens homens ou mulheres.

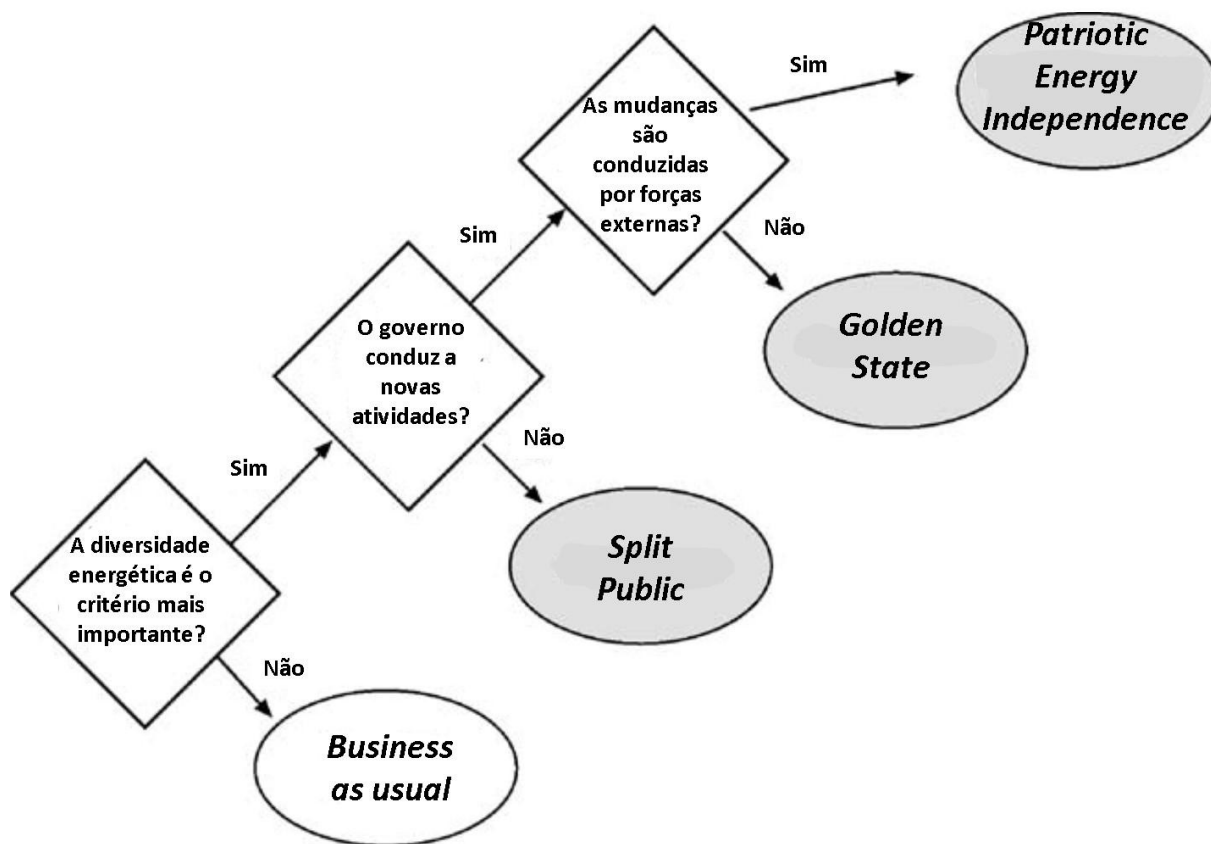
No caso do Brasil, pode-se depreender que ainda existe dependência da utilização do automóvel, sobretudo em relação ao aumento nas vendas de veículos automotores no país na última década. É interessante essa diferenciação, como se o Brasil estivesse com uma defasagem de 10 anos quanto à prioridade e efetivação do uso do automóvel para locomoção. A situação no país se assemelha ao verificado na América do Norte e Europa na década de 1990, com grande aquisição de carros, o que, nestes continentes já demonstra grau de saturação, ao passo que no Brasil, ainda não há evidências dessa alteração. O exposto por Kenworthy e Laube, quanto à dependência do automóvel faz ainda sentido no Brasil, ao passo que nos outros dois continentes, Europa e América do Norte, dá sinais de saturação, como os exemplos de diminuição nos índices de vendas de automóveis e na maior difusão de políticas que incentivam a implantação e utilização de meios não-motorizados e de transporte público.

2.3 ANÁLISES MULTIDIMENSIONAIS

Diante da crise energética que assolou a Califórnia no início dos anos 2000, o governo e a opinião pública passaram a considerar de maior relevância as estimativas de consumo de energia para o futuro, e meios para dirimi-la. Nesse contexto Ghanadan e Koomey (2005) realizaram um estudo de criação de cenários para orientar quais seriam os impactos de medidas voltadas à redução do consumo energético naquele estado norte-americano. Para tal, foram levantados dados contábeis dos órgãos governamentais. Depois, com estimativas do governo, de especialistas e de solucionadores de problemas foram estimadas as taxas de crescimento de cada variável dependente. Foram, ainda, estimados quatro cenários, conforme Figura 2, para que pudessem ser modeladas no LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning*) do *Stockholm Environment Institute* (SEI)².

²1 O LEAP foi desenvolvido pelo STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE (SEI) em Boston, desde os anos 80, mas com maior difusão com a disseminação da internet nos anos 90, então com o suporte do *United Nations Environment Programme* (UNEP). Atualmente é financiado principalmente pelo governo da Holanda, mas há várias organizações participantes, como o Banco Mundial, governos da Suécia, da Alemanha, órgãos do governo dos Estados Unidos e *The Energy Foundation*. É utilizado como ferramenta para avaliação das medidas mitigadoras da emissão dos gases causadores do efeito estufa e muitos países têm feito pelo LEAP a comunicação com o *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCC),

Figura 2 – Pontos de ramificação dos cenários no caminho do futuro energético na Califórnia



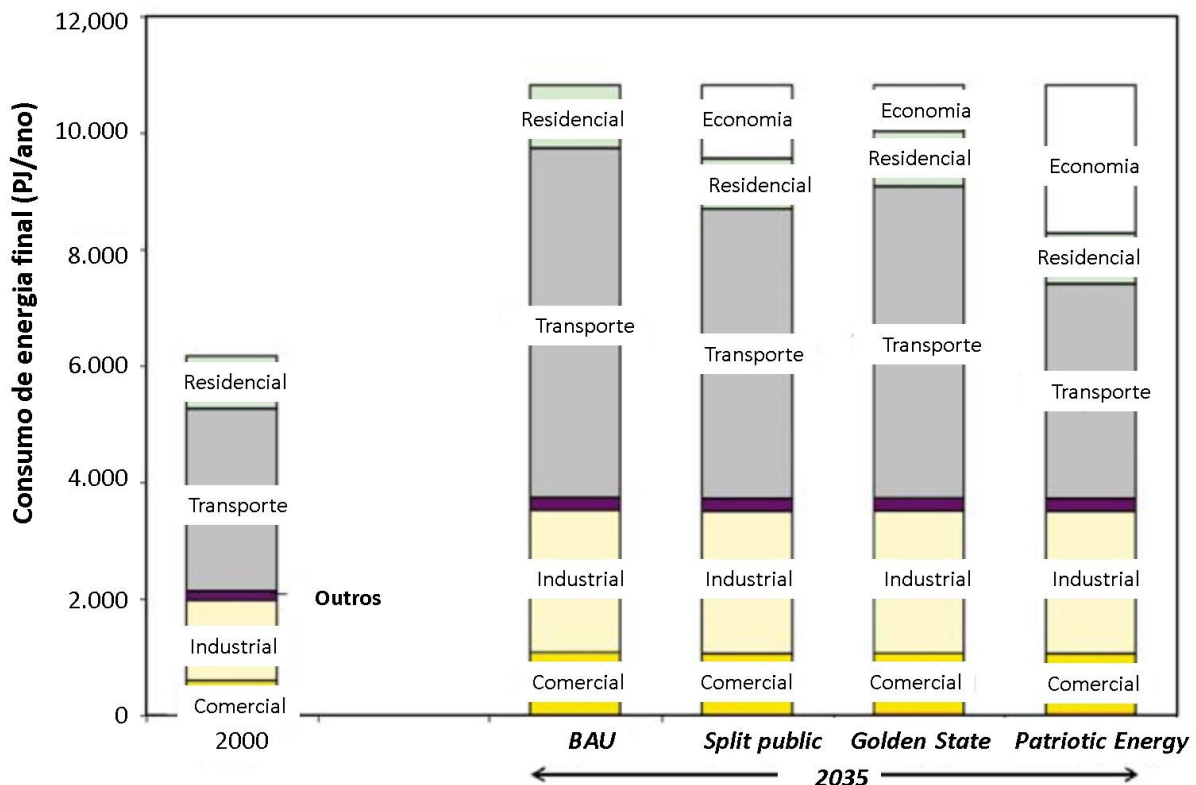
Fonte: Ghanadan e Koomey (2003)

Quanto aos cenários, o *business as usual*, BAU, tratou-se da situação hipotética de que nenhuma medida voltada para a redução do consumo de energia seria realizada, ou seja, seria mantida a mesma realidade que a atual. As variáveis permaneceriam na mesma inércia de antes da crise. Os demais cenários foram comparados a partir deste. O *split public* considerou a situação em que a própria população começaria a se organizar e a incentivar atividades de energias limpas, promovendo medidas nos seus círculos de influência, como em casa, nas preferências de consumo e nas comunidades. Como resultado desse comportamento em 2035 os projetos de eficiência energética utilizados pelos municípios e pela população cresceriam em até 50%. O cenário *golden state* considerou uma situação até 2035 em que o estado e a população se engajariam nas práticas de redução de consumo de energia. As fontes renováveis de energia passariam de 1%, à época, para 20% em 2017. Já o cenário *patriotic energy independence*, por seu turno, supõe um contexto em que a política e as atividades energéticas são agressivas, principalmente no setor de transporte, enquanto o país busca reduzir sua

dependência de petróleo importado e cria uma economia do hidrogênio. Em 2035 75% da frota de veículos para passageiros seria de células de combustível. As construções de usinas a gás natural seriam reduzidas em 50% em relação ao BAU. As energias renováveis seriam 20% das fontes de eletricidade.

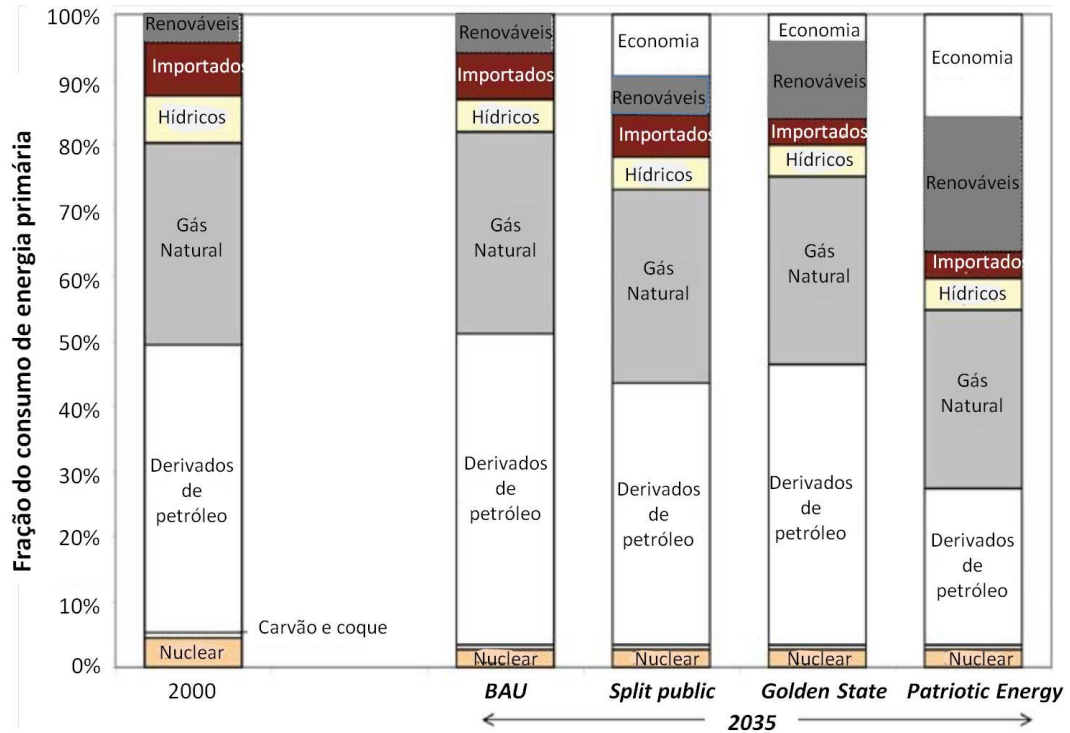
Tendo-se os dados contábeis e com os cenários definidos, foi realizada modelagem, conforme os Gráficos 9 a 11.

Gráfico 9 – Consumo de energia combinado, por setores em petajoules (10^{15}J)/ano



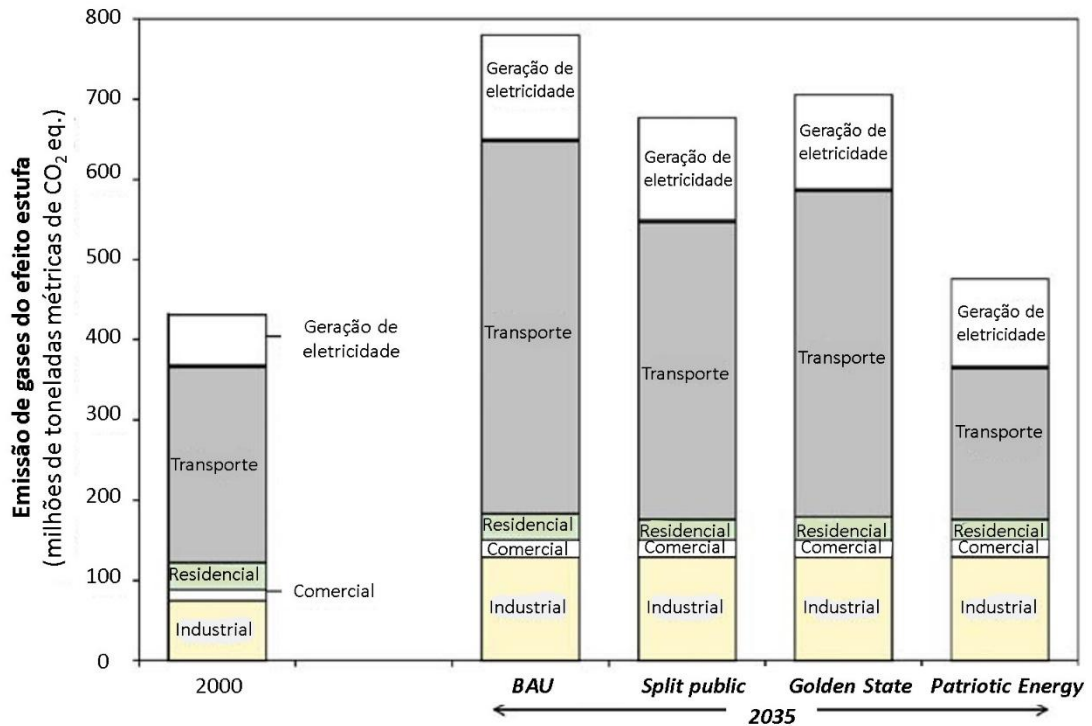
Fonte: Ghanadan e Koomey (2003)

Gráfico 10 – Participação das categorias de combustíveis no consumo primário de energia



Fonte: Ghanadan e Koomey (2003)

Gráfico 11 – Emissão de gases causadores do efeito estufa



Fonte: Ghanadan e Koomey (2003)

Fica destacado o alto consumo em transporte, assim como o maior consumo em derivados de petróleo e em gás natural. Por consequência disso, há maior quantidade de emissões de gases do efeito estufa (GEE).

Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2010) empreenderam um estudo sobre a previsão de longo prazo da demanda e suprimento de energia para Taiwan, através de uma análise holística do consumo de energia para 2030. Primeiramente foram apresentadas análises do suprimento e da demanda de energia e da emissão de CO₂, de 1986 a 2007, Quadros 1 e 2, e Gráficos 12 e 13. Neles, nota-se o maior consumo de energia na atividade industrial, seguida pelo transporte. Foram também apresentadas as emissões de CO₂ de acordo com cada tipo de combustível, baseadas em balanços estatísticos oficiais do governo. Segundo esses dados as emissões em 1990 foram de 108,6 milhões de toneladas, chegando a 215,6 milhões em 2000, e a 265,8 milhões em 2007. Em 2008, todavia, caiu em 4%, chegando a 255 milhões de toneladas. Esta foi a primeira vez que as emissões de Taiwan diminuíram, devido à crise financeira, diminuição da atividade econômica, do aumento do preço da energia e da aplicação de algumas medidas de economia energética pelo governo. A média de crescimento anual de emissões de CO₂ de Taiwan no período 1990-2008 foi de 4,8%.

Quadro 1 – Suprimento de energia por energético, em milhões de kLep (%)

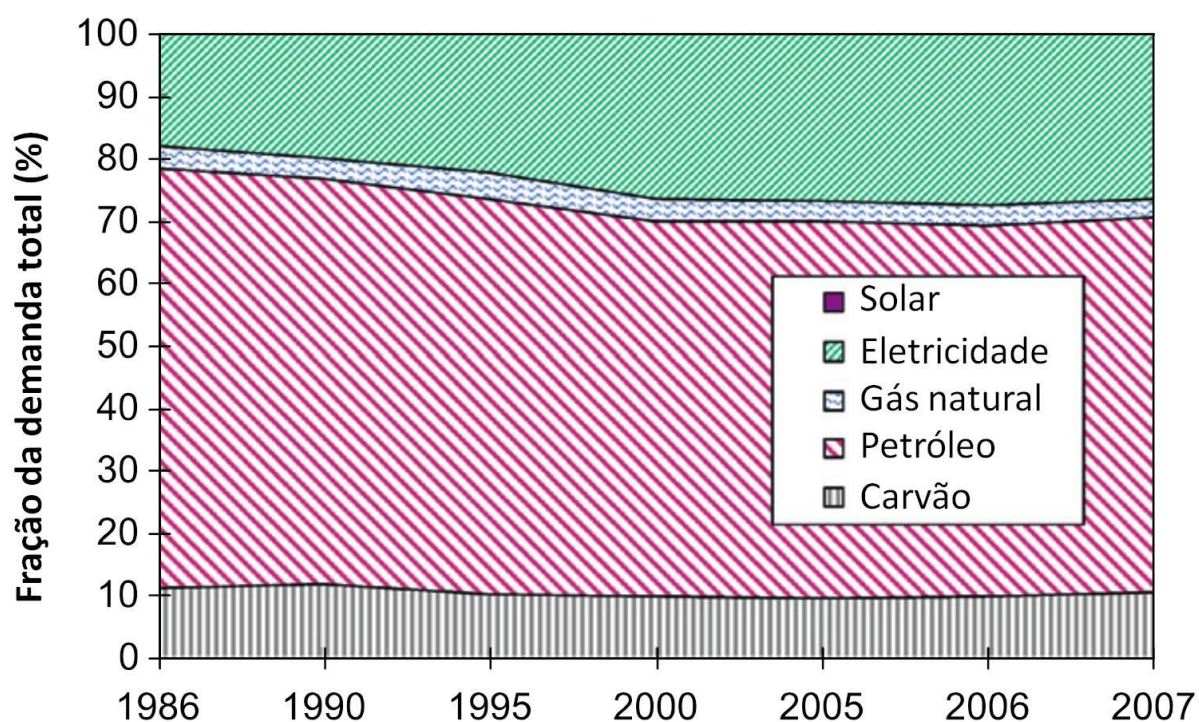
Ano/energético	carvão	petróleo	gás natural	GLP	hidroeletricidade	energia nuclear	Suprimento total de energia
1986 (milhões de kLep)	8,92	22,94	1,21	0,00	1,84	6,69	41,61
(%)	21,45	55,13	2,91	-	4,43	16,08	100,00
1990	13,68	32,48	1,30	0,94	2,03	8,16	58,61
	23,35	55,42	2,23	1,61	3,47	13,93	100,00
1995	20,85	43,25	0,93	3,65	2,21	8,77	79,66
	26,18	54,30	1,17	4,58	2,77	11,01	100,00
2000	32,66	53,50	0,74	6,38	2,20	9,56	105,04
	31,09	50,93	0,70	6,08	2,10	9,10	100,00
2005	43,16	69,45	0,54	10,31	1,96	9,93	135,35
	31,89	51,31	0,40	7,62	1,45	7,34	100,00
2006	44,71	70,53	0,46	11,18	1,99	9,90	138,77
	32,22	50,83	0,33	8,06	1,43	7,14	100,00
2007	47,04	75,05	0,41	11,94	2,07	10,07	146,58
	32,09	51,20	0,28	8,15	1,41	6,87	100,00

Fonte: Website of Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs: 2008 *apud* Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Quadro 2 – Consumo final de energia por setor, em milhões de kLep (%)

	energia	transporte	industrial	agricultura	residencial	comercial	outros	total	não energético
1986(milhões de kLep)	3,54	5,13	19,51	1,23	4,29	0,96	2,5	37,73	0,55
(%)	9,39	13,60	51,72	3,27	11,38	2,55	6,62	98,53	1,47
1990	3,20	8,07	24,14	1,50	5,93	1,95	3,33	48,60	1,07
	7,49	16,26	48,60	2,93	11,94	3,93	6,71	97,85	2,15
1995	4,65	12,33	31,03	1,49	8,28	3,44	4,14	65,35	1,28
	6,98	18,50	46,57	2,24	12,43	5,16	6,21	98,08	1,92
2000	6,11	14,74	40,51	1,46	11,27	5,3	5,53	84,92	2,35
	7,00	16,89	46,42	1,68	12,91	6,08	6,33	97,30	2,70
2005	7,26	16,55	54,07	1,62	13,16	6,68	6,75	106,08	1,86
	6,72	15,33	50,09	1,50	12,19	6,19	6,26	98,28	1,72
2006	7,30	16,67	55,71	1,28	13,16	6,8	6,94	109,80	1,94
	6,64	15,18	50,74	1,17	11,98	6,19	6,32	98,23	1,77
2007	7,19	16,11	60,64	1,07	13,29	6,81	7,17	112,28	2,47
	6,27	14,03	52,85	0,93	11,58	5,93	6,25	97,85	2,15

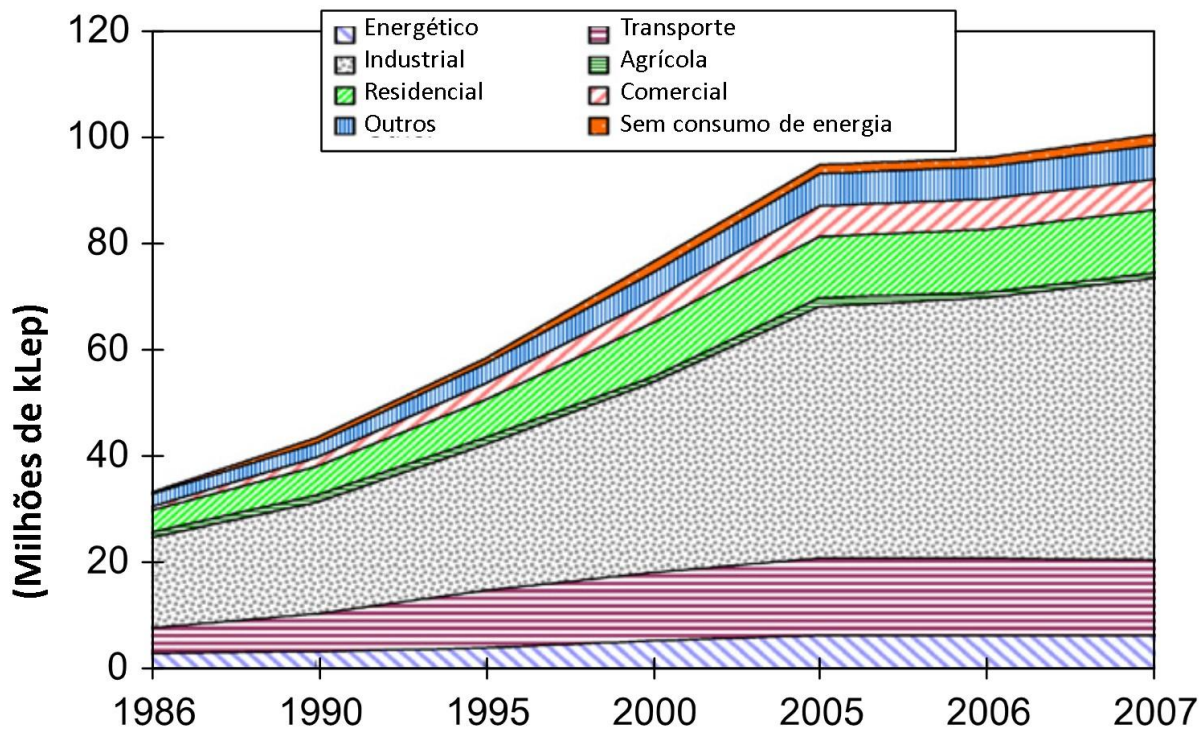
Fonte: Website of Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs: 2008 *apud* Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Gráfico 12 – Estrutura do consumo final de energia por matriz energética (1986-2007)

Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Fica aqui destacada a alta dependência do petróleo sobre os demais energéticos.

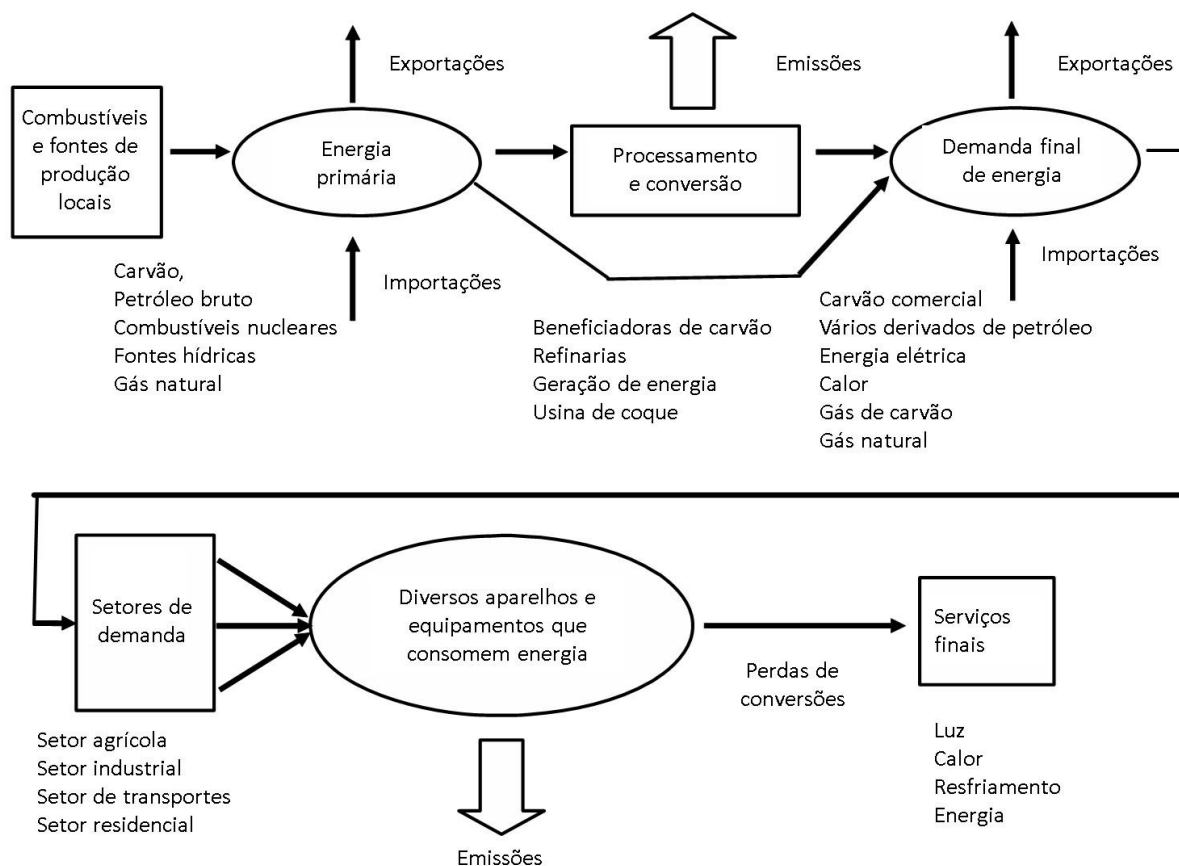
Gráfico 13 – Estrutura da demanda de energia de Taiwan, por setor (1986-2007)



Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Nesse período, o principal combustível na matriz energética foi o petróleo. Para a criação de cenários futuros foi utilizado o sistema de modelagem LEAP, uma ferramenta de análise energético-ambiental abrangente, que é utilizada em vários países para explorar as implicações futuras de diferentes políticas energéticas. Nesse estudo, Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011), da mesma forma, utilizaram com a mesma finalidade. O esquema na Figura 3 mostra o modelo LEAP de Taiwan.

Figura 3 – Esquema do sistema do modelo LEAP de Taiwan

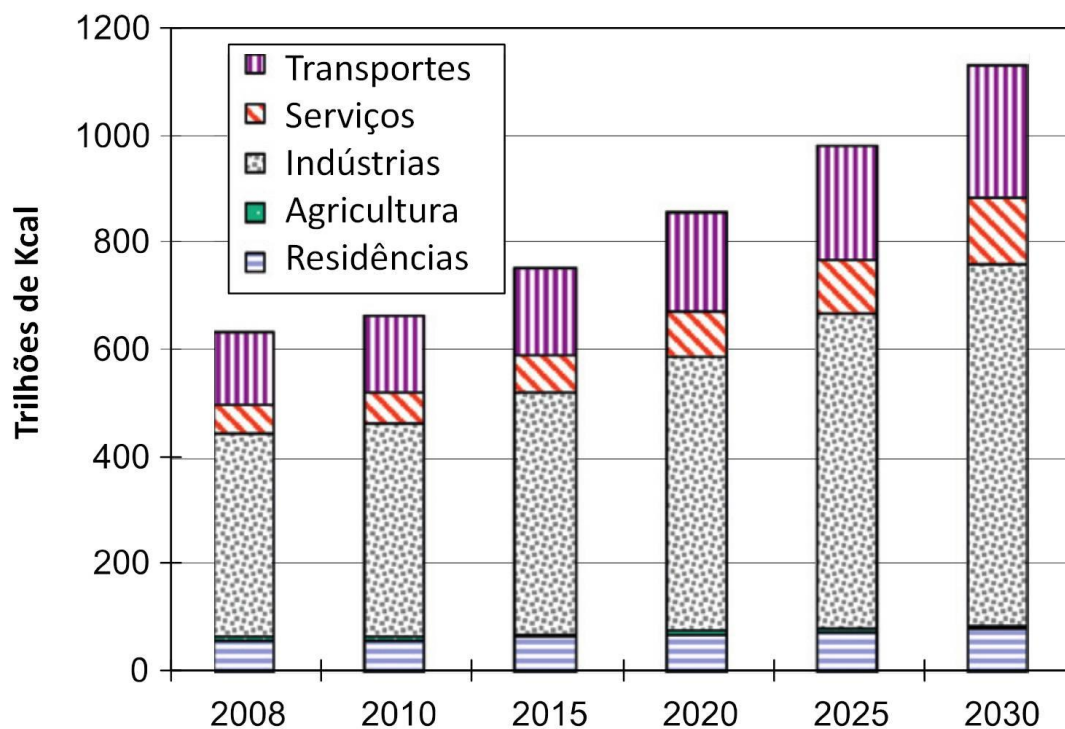


Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Através do LEAP, simulou-se o modelo *business-as-usual* (BAU), incluindo cinco setores, sendo um deles o transporte. A população foi estimada em projeções do governo – através do *Council for Economic Planning and Development* de 2008, para o ano de 2056, em que a estimativa fica em torno de 20,3 milhões, menos que os 23 milhões de 2008. Isso devido à queda na taxa de natalidade em relação aos óbitos, implicando no decréscimo da população. Quanto aos dados econômicos, foi estimado o crescimento do Produto Interno Bruto em várias indústrias baseado em dados de 2002 a 2008 do *Annual Double GDP Deflator Table*. Da análise desses dados econômicos depreendeu-se que o crescimento econômico de 1% produz 1% de crescimento na demanda de energia. No caso de Taiwan, foram considerados os cenários em que as políticas energéticas se mantivessem as mesmas das atuais, BAU; um cenário em que as medidas para conservação de energia e redução das emissões de carbono, GOV, de acordo com as metas do governo para esse fim, de redução de 2% a.a. da intensidade de energia da economia. Ainda, um cenário que considera a atual crise econômica mundial

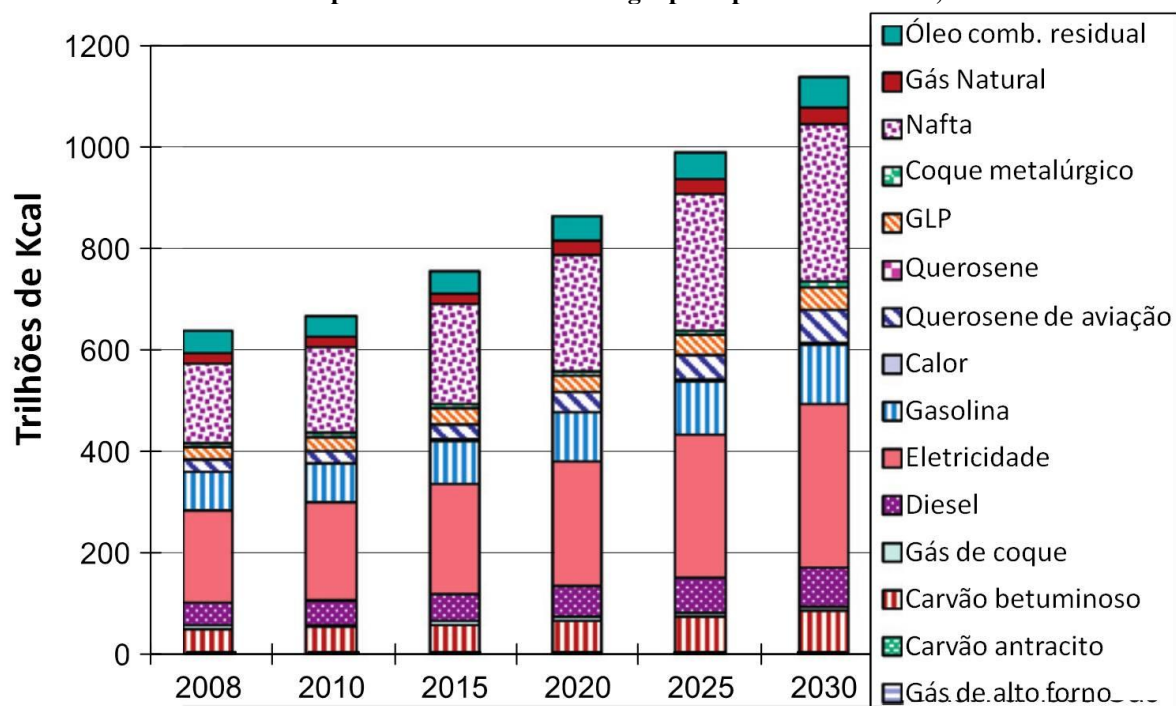
(FIN), que exerce um impacto substancial na economia do país, já que é altamente dependente das exportações e que deve implicar diminuição de crescimento econômico no médio e longo prazos. Como em Taiwan existem seis reatores nucleares que sairão de operação em 2018 e 2025, e a previsão de que um novo entre em operação em 2011 (considerando os dados utilizados para esse estudo), foi também estipulado um cenário RET, que se refere à ausência de energia nuclear no longo prazo; e, por fim, um cenário que concentra todos os anteriores juntos, ALL. Como resultado de modelagem, o LEAP produziu os seguintes cenários, entre outros: Gráficos 14 a 16.

Gráfico 14 – Prospecto da demanda de energia por setor, caso BAU



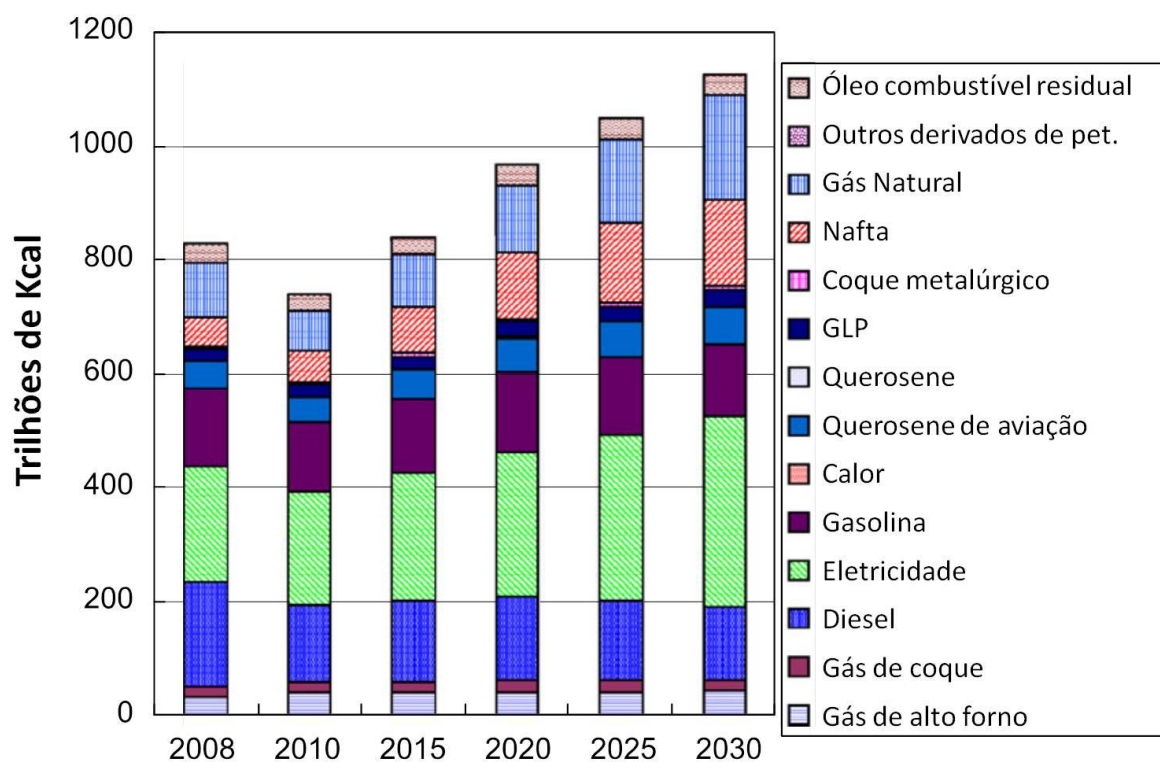
Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Gráfico 15 – Prospecto da demanda de energia por tipo de combustível, caso BAU



Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

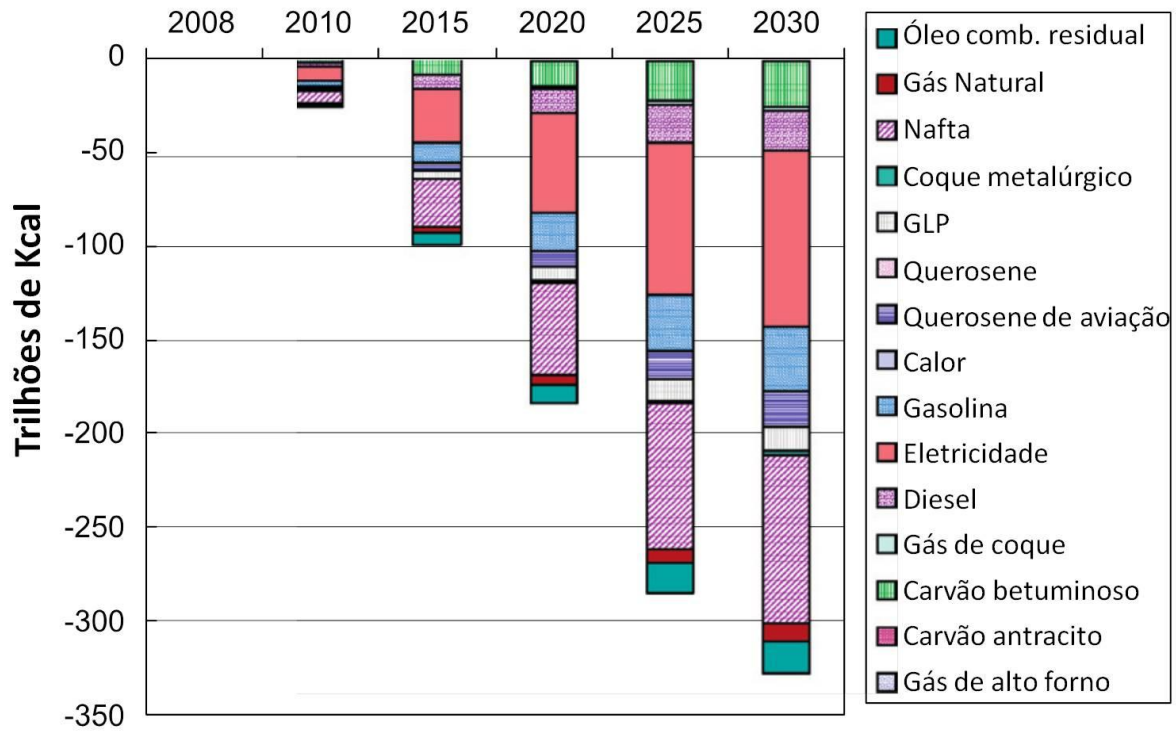
Gráfico 16 – Conversão de energia por categoria de combustível, caso BAU



Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

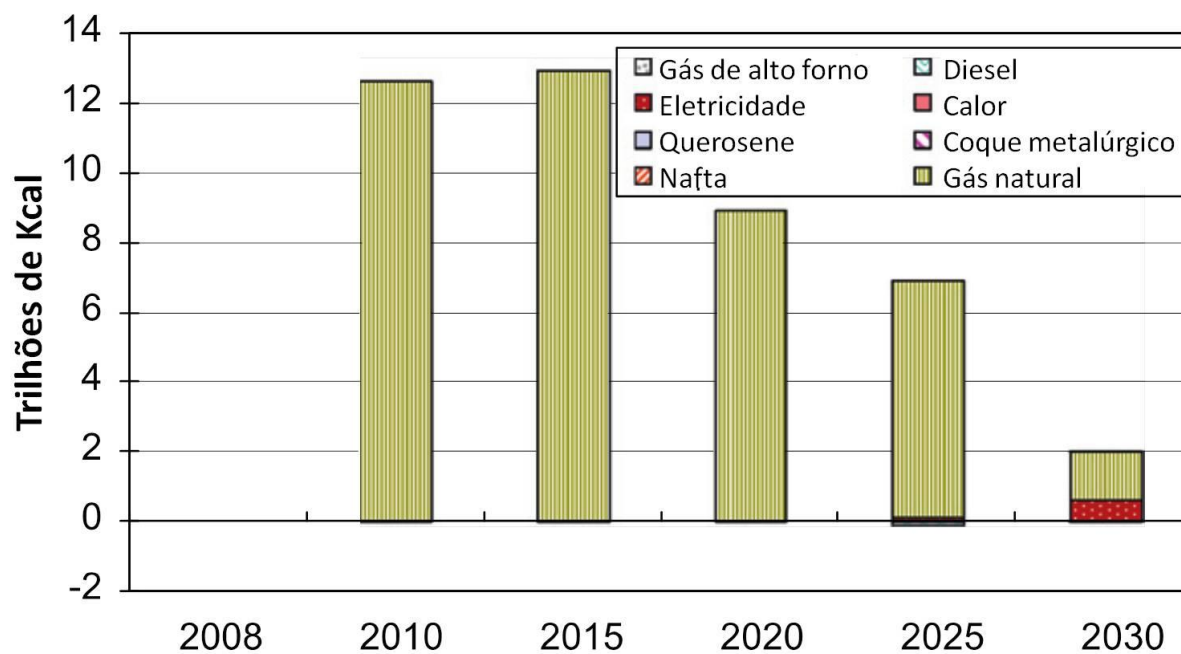
Como no cenário BAU as políticas energéticas se mantiveram iguais às atuais, houve um crescimento normal do consumo de energia, a despeito de decréscimo populacional. Veja-se, pois, abaixo, os resultados para as comparações entre o prospecto do BAU com os outros cenários apresentados (Gráficos 17 a 22).

Gráfico 17 – Diferença de demanda de energia nos casos GOV *versus* BAU



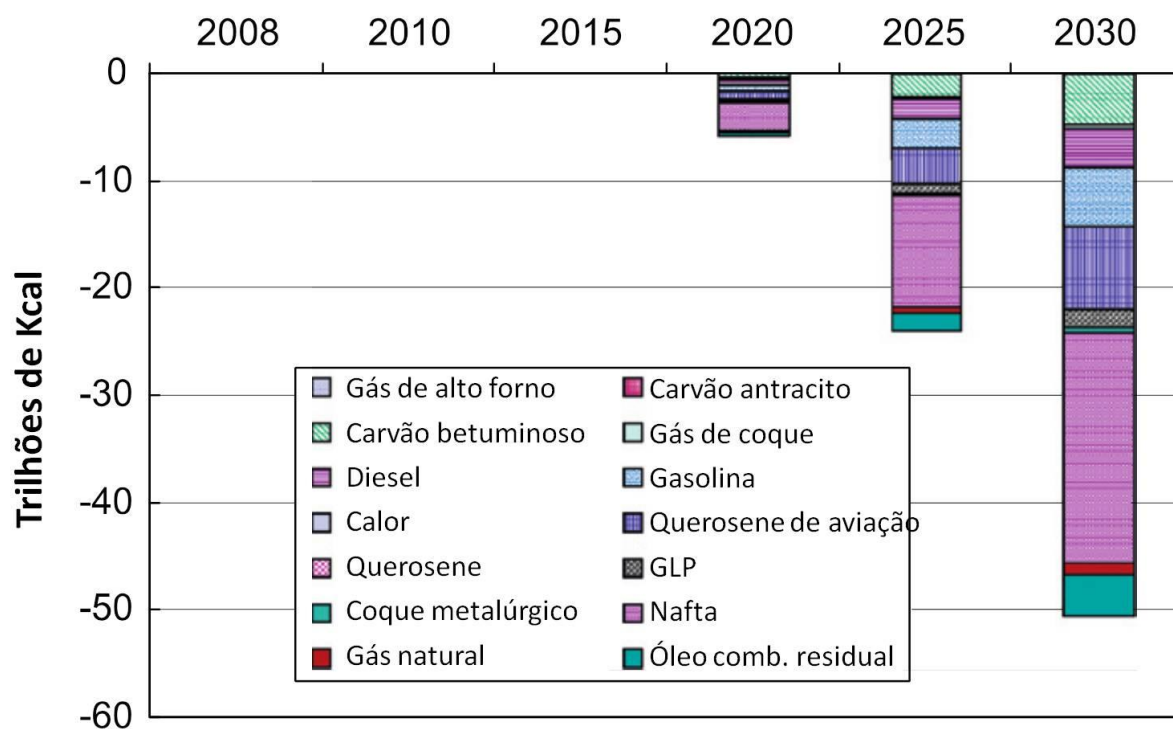
Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Gráfico 18 – Diferença das saídas de conversão de energia, por categoria de combustível, nos casos RET versus BAU



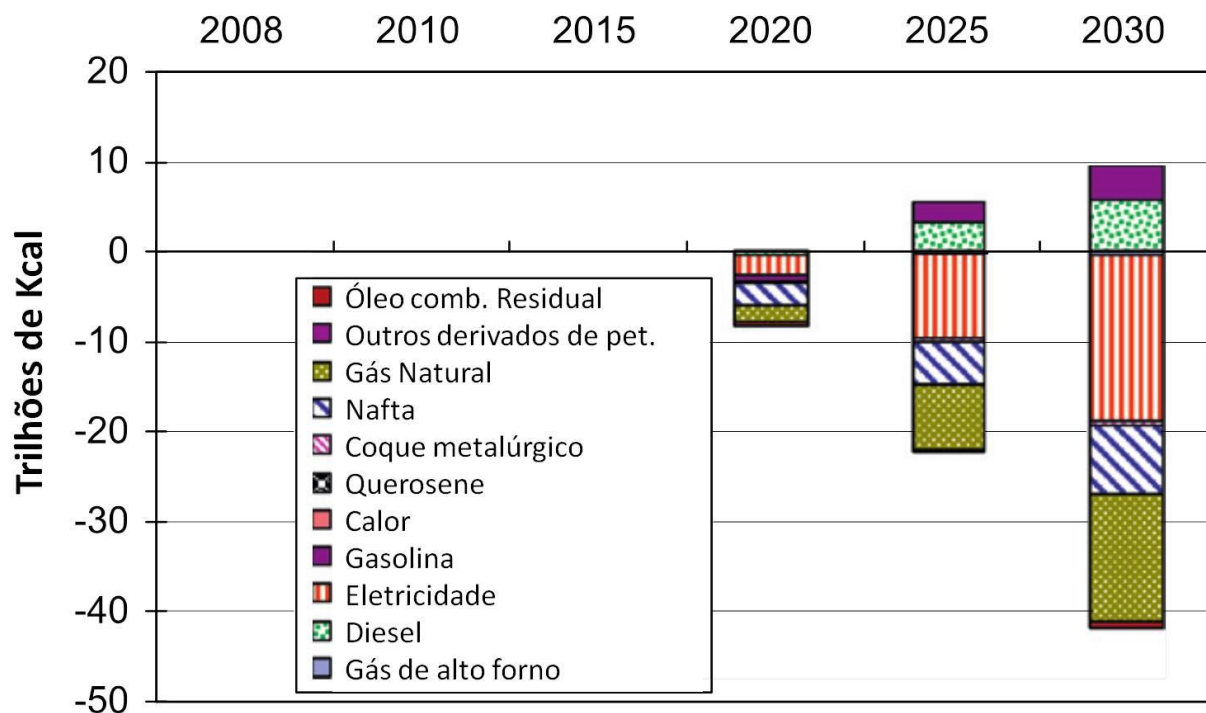
Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Gráfico 19 – Diferença de demanda de energia nos casos FIN versus BAU



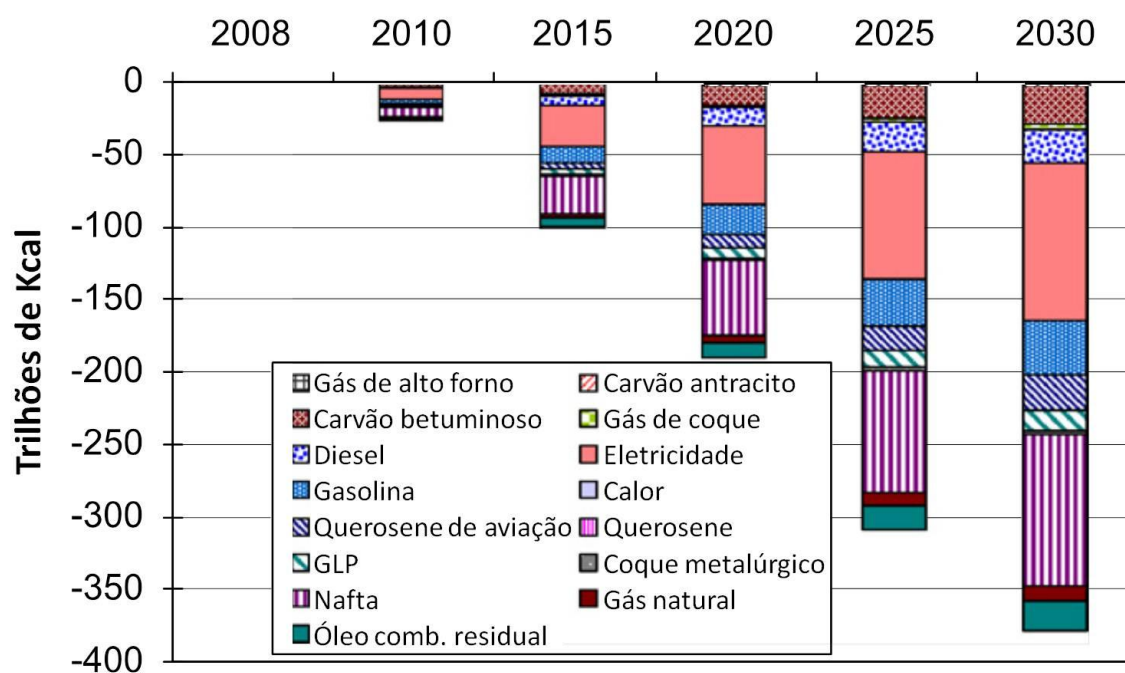
Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Gráfico 20 – Diferença das saídas de conversão de energia, por categoria de combustível, nos casos FIN versus BAU



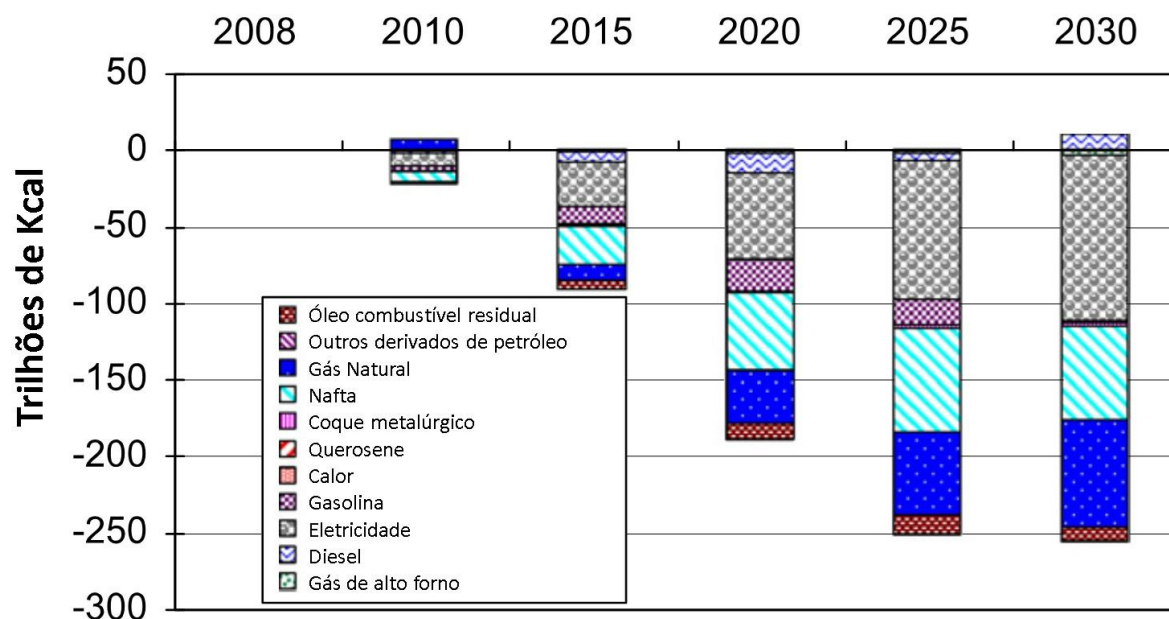
Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Gráfico 21 – Diferença de demanda de energia nos casos ALL versus BAU



Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Gráfico 22 – Diferença das saídas de conversão de energia, por categoria de combustível, nos casos ALL versus BAU



Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

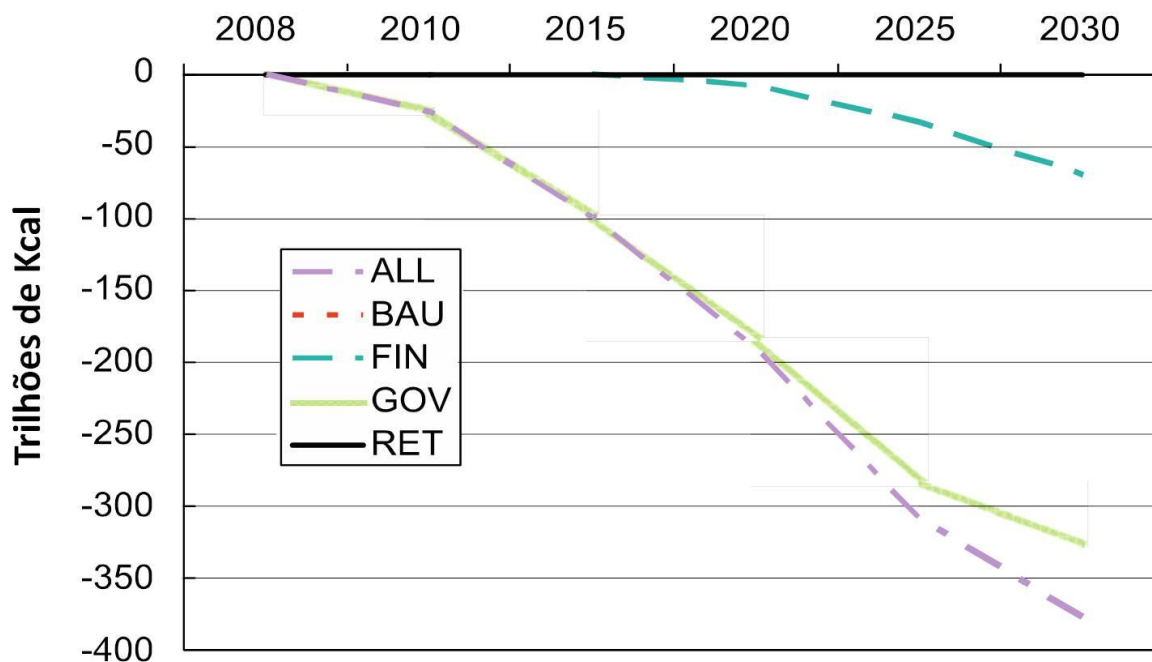
Nesses gráficos foi possível verificar os impactos que cada cenário causou nas diferentes matrizes energéticas ao longo do período 2010 a 2030, tendo como referencial o BAU.

Por fim, Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011) concluem sobre algumas das vantagens da utilização dos modelos do LEAP, entre as quais:

[...] permitem ao usuário construir sistemas de previsão de energia e suprimento de dados, preparar e comparar diferentes cenários de longo prazo, e comparar os resultados com os de outros países ou economias que aplicarem os modelos LEAP usando uma abordagem comum (análise transversal).

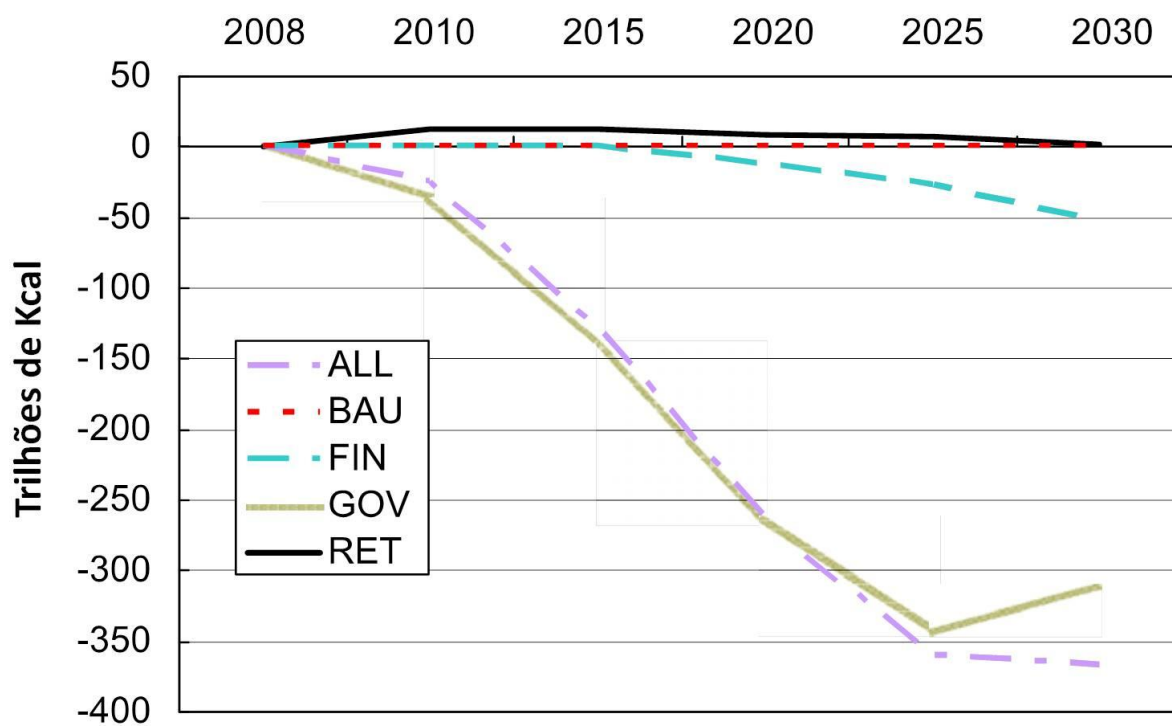
Eis, ainda, a comparação entre os cenários modelados no LEAP para Taiwan (Gráficos 23 a 25).

Gráfico 23 – Comparação da demanda total de energia, todos os cenários



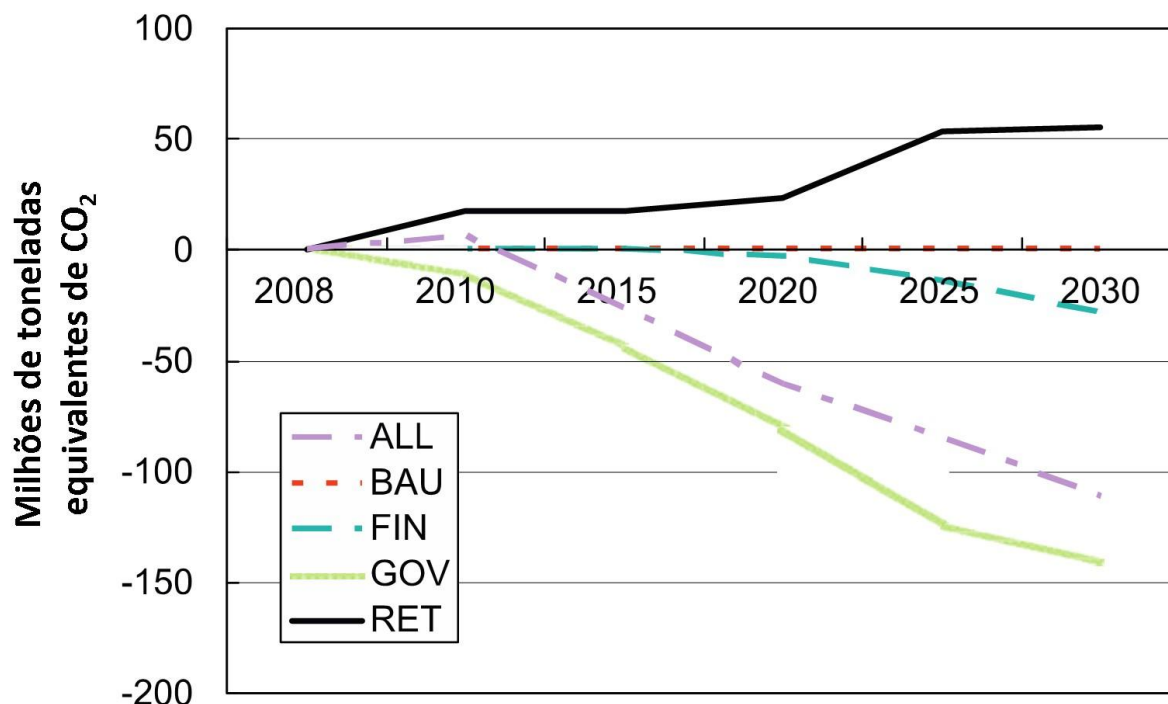
Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Gráfico 24 – Comparação da saída de conversão de energia



Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

Gráfico 25 – Comparação da emissão de dióxido de carbono, todos os cenários



Fonte: Yophy, Jeffrey e Chien-Yuc (2011)

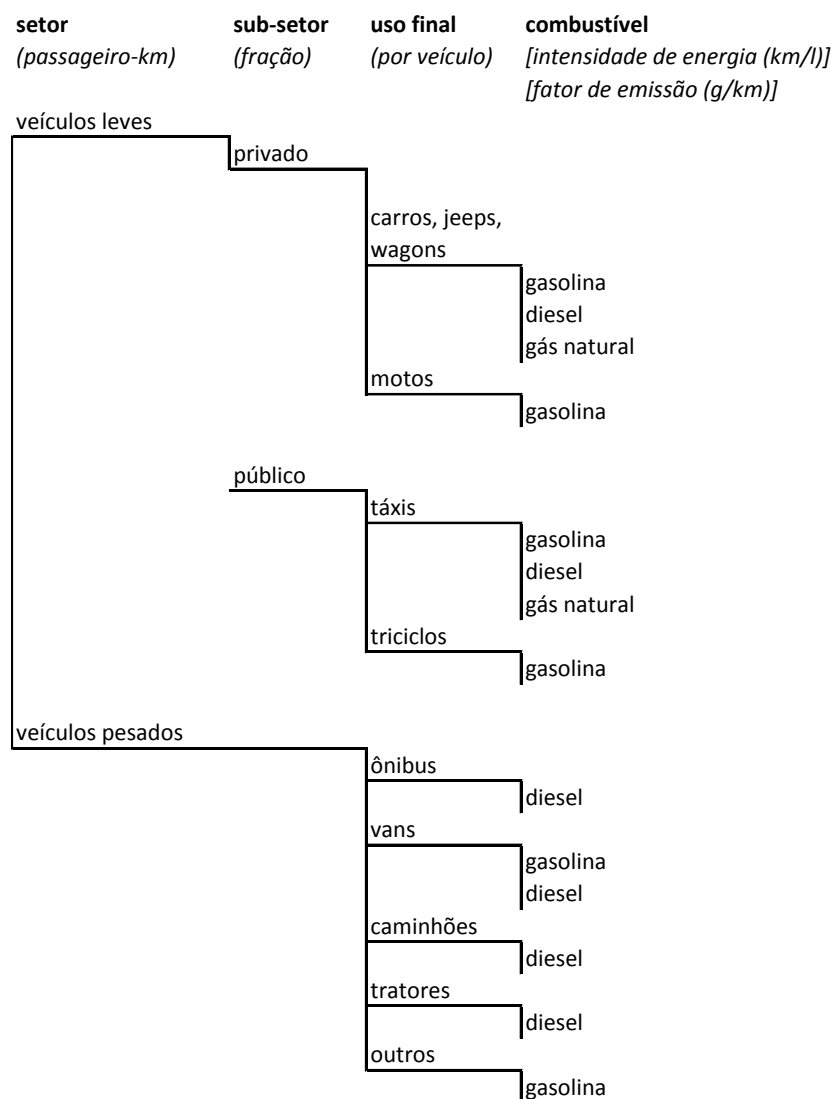
Observa-se um aumento das emissões de CO₂ quando da saída de operação das usinas nucleares, pois a alteração da matriz energética implicará substituição por outras fontes, mais poluidoras.

Numa escala menor, a que envolve cidades, Shabbir e Ahmad (2010) empreenderam um estudo sobre o monitoramento da poluição e da demanda de energia para o transporte em Rawalpindi e Islamabad, Paquistão, utilizando o modelo LEAP. As duas cidades juntas têm uma população de cerca de 1,9 milhão de habitantes, com taxas anuais de crescimento de 5,75% (Islamabad) e de 3,39% (Rawalpindi). Em um contexto típico de cidade média em país em desenvolvimento, a quantidade de veículos reduz o desempenho dos sistemas de transporte, resultando em menor velocidade média, maior consumo de combustível, maior índice de acidentes e maiores emissões de gases causadores de efeito estufa, *greenhouse gases* (GHG). Embora os índices de motorização individual estejam crescendo nos países em desenvolvimento, não é dada a ênfase suficiente ao transporte público urbano.

Foi utilizada a modelagem no LEAP para estimar a demanda de energia e as emissões no transporte de passageiros nas cidades de Rawalpindi e Islamabad, considerando-se a análise de várias opções de transporte existentes e para melhor entender as interações entre

urbanização, transporte, energia e emissões. Nesse estudo foi utilizado o esquema apresentado na Figura 4, uma estrutura de árvore com quatro níveis: setor, sub-setor, uso-final e matriz energética.

Figura 4 – Estrutura de análise, utilizando o LEAP



Fonte: Shabbir e Ahmad (2010)

Foi utilizado o conceito da análise de uso-final, pelo qual a demanda de energia poderia ser calculada pelo produto de dois fatores: os níveis de atividade e de intensidade de energia. O primeiro depende de fatores do transporte, como o número de veículos, e as distâncias percorridas por eles, já o segundo depende da eficiência energética dos veículos, como a economia de combustível. Assim o estudo foi feito em duas partes, a primeira sendo a previsão dos veículos privados, classificados por tipo, de 2000 a 2030, utilizando para tal as

análises econômicas. A segunda parte foi composta pela previsão das demandas de energia e emissões – este estudo foi realizado exclusivamente sobre transporte. As análises históricas de energia e demandas de deslocamentos foram feitas através da utilização de planilha eletrônica, enquanto que as análises sobre o futuro foram feitas com o LEAP. Dessa forma, foram estimados os padrões de consumo de energia e de emissões poluentes devido ao transporte de passageiros baseado no número de veículos e outras variáveis relevantes como fatores de emissões (Quadro 3), média anual de deslocamentos de veículos e economia de combustível.

Quadro 3 – Fatores de emissões de diferentes poluentes, em g/km

	NO _x	SO ₂	PM ₁₀
veículos leves			
privado			
carros, jeeps, wagons			
gasolina	2,81	0,02	0,06
diesel	3,81	1,95	0,48
gás natural	1,13	0,01	0,01
motos			
gasolina	0,10	0,00	0,06
público			
táxis			
gasolina	1,40	0,01	0,05
diesel	1,17	1,67	0,26
gás natural	0,89	0,01	0,00
triciclos			
gasolina	0,54	0,01	0,18
veículos pesados			
ônibus			
diesel	5,40	4,78	2,50
vans			
gasolina	1,15	0,01	0,03
diesel	1,56	1,67	0,23
caminhões			
diesel	12,96	5,58	1,25
tratores			
diesel	233,34	83,69	11,40
outros			
gasolina	3,89	0,01	0,12

Fonte: Shabbir e Ahmad (2010)

Os cálculos das demandas de energia e emissões foram realizados conforme apresentado.

- demanda de deslocamentos:

Somente foram considerados os deslocamentos rodoviários, por sua alta proporção. Para que os dados pudessem ser utilizados pelo LEAP foi feita uma estimativa do número de passageiro.km por ano.

Demanda de deslocamentos =

$$\text{taxa de ocupação de um veículo } (t) \times \sum V_i(t) \times VKT_i(t)$$

$V_i(t)$ = número de veículos nas ruas

$VKT_i(t)$ = média anual de deslocamento, veículo.km, por um tipo de veículo i num ano t .

Taxa de ocupação de um veículo (t) .

- eficiência do combustível:

É a média do consumo de combustível de um veículo por ano, em km/l.

- demanda de energia:

Em função do número de carros, os deslocamentos médios e o consumo de combustível.

$$\text{Demanda de energia} = \sum V_i(t) \times VKT_i(t) \times F_i(t)$$

$F_i(t)$ = consumo de combustível de um veículo tipo i num ano (t) , em km/l.

A emissão dos veículos foi o produto de cada tipo de energia demandada pelos veículos e seus fatores de emissões.

$$E_j(t) = \sum V_i(t) \times VKT_i(t) \times EF_{ij}(t) \times F_i(t)$$

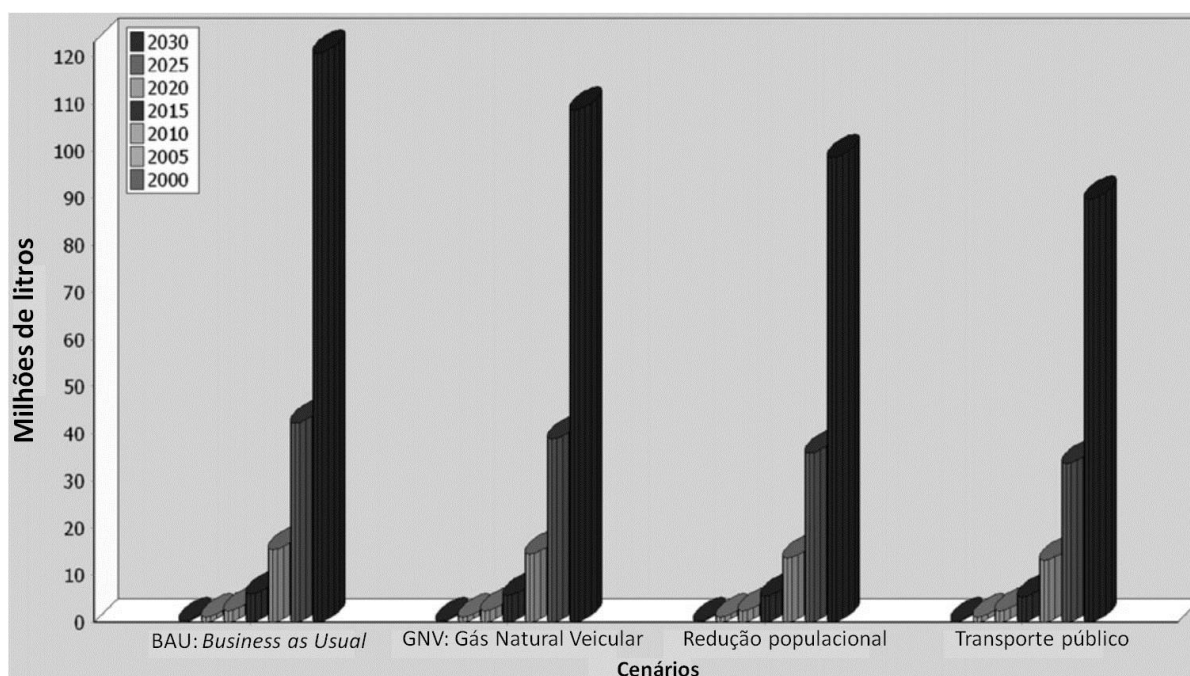
$E_j(t)$ = total de emissões do tipo j num ano t por passageiro transportado, em toneladas

$EF_{ij}(t)$ = fator de emissão do poluente tipo j de um veículo tipo i num ano (t) em g/km.

Depois de realizados os cálculos sobre a conjuntura da época, foram construídos cenários no LEAP, sendo eles: *business-as-usual* (BAU), que serviu como referencial para comparação com os demais cenários, partindo-se do ano 2000 e mantendo os mesmos padrões até 2030, sem alterações; redução da população (POP), considerando que as estimativas de

crescimento populacional para Rawalpindi, 3,39% e para Islamabad, 5,75%, no cenário BAU, seriam reduzidas a 1%, e que da mesma forma, a taxa de crescimento da frota diminuiria proporcionalmente; promoção do transporte público (PUB), cenário que presume que através de políticas de incentivo ao transporte público e sobretaxas ao transporte privado, de modo que houvesse redução de 1% no uso de transporte privado e aumento de 1% no público; e, por fim, veículos a gás natural (NGV), cenário que considera a substituição dos motores a gasolina e diesel dos carros, *jeeps*, *station wagons* por motores a GNV, a uma taxa de 1%. Os resultados são os apresentados no Gráfico 26 e nas Tabelas 3 a 6.

Gráfico 26 – Comparação do consumo de energia em diferentes cenários, realizados no LEAP



Fonte: Shabbir e Ahmad (2010)

Tabela 3 – Comparação de diferentes cenários por consumo de energia

Unidade: Mil toneladas	Resultado da demanda de energia				
Cenários	Anos				
	2000	2015	2020	2025	2030
Business-as-usual	0,40	5,90	15,40	42,20	120,70
Natural gas vehicle	0,40	5,70	14,50	38,90	108,60
Diminuído	0,00	0,20	0,90	3,30	12,10
% de diminuição	0,00	3,38	5,84	7,82	10,02
Redução de população	0,40	5,40	13,60	35,80	98,50
Diminuído	0,00	0,50	1,80	6,40	22,20
% de diminuição	0,00	8,47	11,69	15,17	18,39
Transporte público	0,40	5,40	13,20	33,70	89,80
Diminuído	0,00	0,50	2,20	8,50	30,90
% de diminuição	0,00	8,47	14,29	20,14	25,60

Fonte: Shabbir e Ahmad (2010)

Tabela 4 – Comparação de diferentes cenários por emissões de NO_x

Unidade: Mil toneladas	Resultado da análise das emissões de NO _x				
Cenários	Anos				
	2000	2015	2020	2025	2030
Business-as-usual	0,10	1,10	3,00	8,40	24,70
Natural gas vehicle	0,10	1,00	2,70	7,30	20,50
Diminuído	0,00	0,10	0,30	1,10	4,20
% de diminuição	0,00	9,00	10,00	13,10	17,00
Redução de população	0,10	1,00	2,60	7,10	20,20
Diminuído	0,00	0,10	0,40	1,30	4,50
% de diminuição	0,00	9,00	13,00	15,48	18,22
Transporte público	0,10	1,00	2,50	6,60	18,40
Diminuído	0,00	0,10	0,50	1,80	6,30
% de diminuição	0,00	9,00	16,67	21,43	25,51

Fonte: Shabbir e Ahmad (2010)

Tabela 5 – Comparação de diferentes cenários para as emissões de SO₂

Unidade: Mil toneladas	Resultado da análise das emissões de SO ₂				
Cenários	Anos				
	2000	2015	2020	2025	2030
Business-as-usual	15,10	165,00	390,70	987,90	2652,90
Natural gas vehicle	15,10	158,30	363,90	887,70	2287,80
Diminuído	0,00	6,70	26,80	100,20	365,10
% de diminuição	0,00	4,06	6,86	10,14	13,76
Redução de população	15,10	151,50	344,40	836,90	2161,00
Diminuído	0,00	13,50	46,30	151,00	491,90
% de diminuição	0,00	8,18	11,85	15,28	18,54
Transporte público	15,10	157,40	343,50	834,20	2139,10
Diminuído	0,00	7,60	47,20	153,70	513,80
% de diminuição	0,00	4,61	12,08	15,56	19,37

Fonte: Shabbir e Ahmad (2010)

Tabela 6 – Comparação de diferentes cenários por emissão de PM₁₀

Unidade: Mil toneladas	Resultado da análise das emissões de PM ₁₀				
Cenários	Anos				
	2000	2015	2020	2025	2030
Business-as-usual	7,70	83,70	197,60	498,60	1337,00
Natural gas vehicle	7,70	80,80	186,00	455,20	1178,30
Diminuído	0,00	2,90	11,60	43,40	158,70
% de diminuição	0,00	3,46	5,87	8,70	11,87
Redução de população	7,70	76,90	174,20	422,30	1089,00
Diminuído	0,00	6,80	23,40	76,30	248,00
% de diminuição	0,00	8,12	11,84	15,30	18,55
Transporte público	7,70	79,60	173,00	420,80	1074,70
Diminuído	0,00	4,10	24,60	77,80	262,30
% de diminuição	0,00	4,90	12,44	15,60	19,62

Fonte: Shabbir e Ahmad (2010)

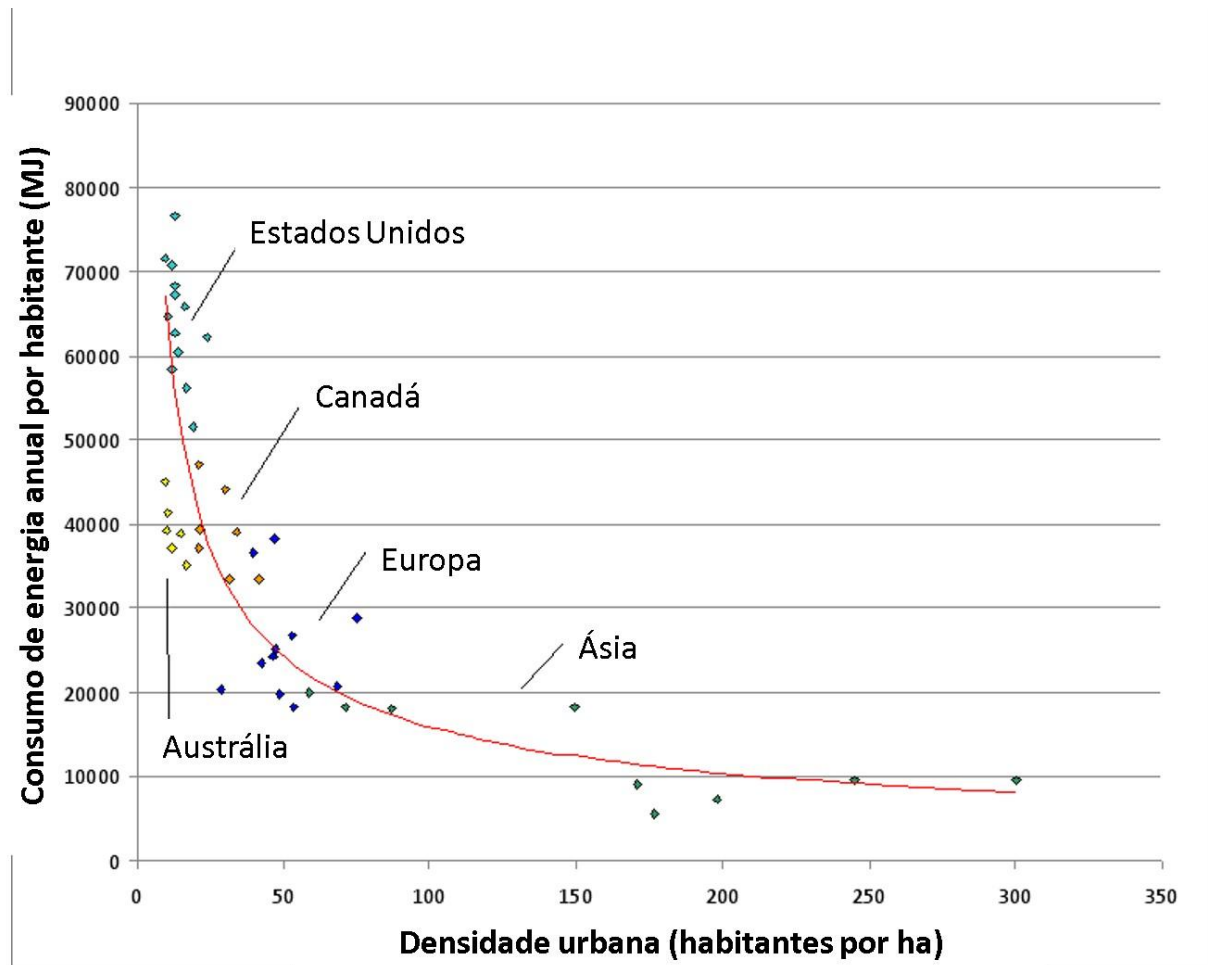
Nesse estudo conclui-se que se mantidas as condições da época, o aumento do consumo de energia e da emissão de poluentes seria drástico, os cenários alternativos, por seus turnos, mostraram como esses aumentos podem ser limitados através de medidas como

incentivar a mudança para ônibus, a redução da taxa de crescimento populacional e a substituição por motores a gás natural.

A relação entre estrutura urbana, mobilidade e consumo energético foi abordada por Le Néchet (2012) num estudo de 34 cidades europeias – em que a confiabilidade e disponibilidade de dados foram fundamentais para a análise multidimensional.

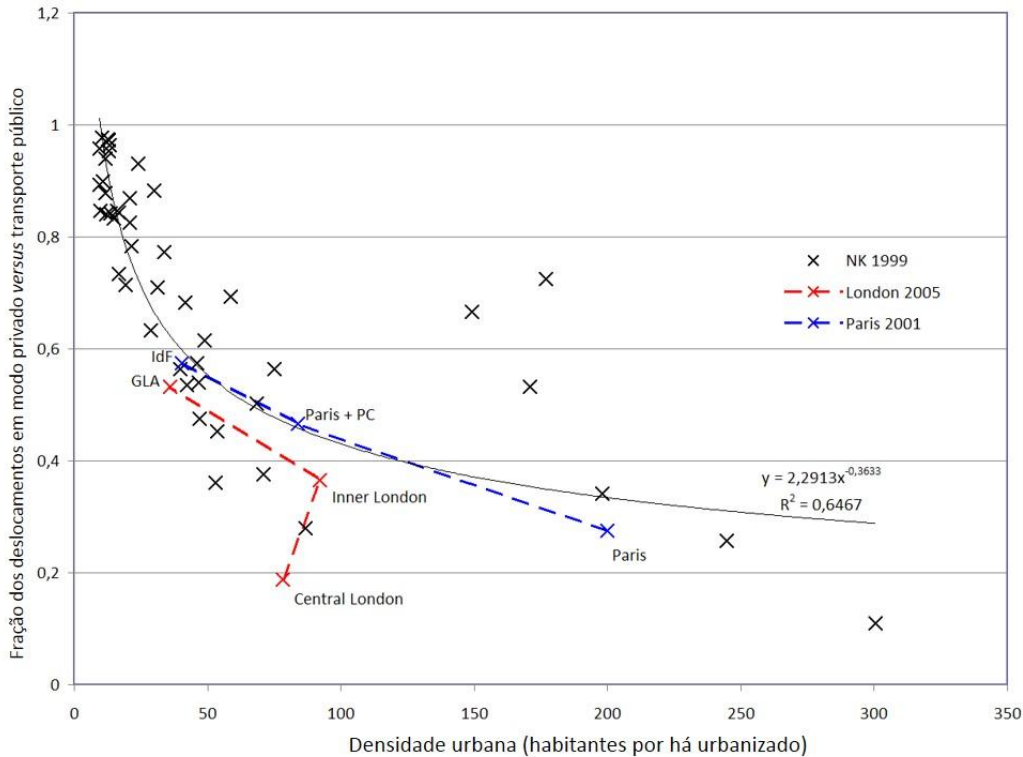
Através da comparação de duas bases de dados, uma de 2001 da UITP (*Union Internationale des Transports Publics*), sobre mobilidade, e os indicadores morfológicos computados para os mesmos limites urbanos a partir de quadrículas de densidade providas pela EEA (*European Environment Agency*, 2002). Le Néchet elencou indicadores da estrutura urbana baseados unicamente na densidade demográfica das quadrículas fornecidas pela EEA. Como método, comparou tradicionais indicadores socioeconômicos e geográficos utilizados para caracterizar uma cidade aos indicadores morfológicos.

Le Néchet cita a difundida curva relacionando a densidade urbana ao consumo de energia apresentada por Newman e Kenworthy (1999 *apud* LE NÉCHET, 2012), (Gráfico 27). Ainda que nas conclusões de suas análises os resultados para as cidades europeias, através de método estatístico, não foram os mesmos, nem o consumo de energia por habitante devido ao transporte, nem a proporção de deslocamentos feitos por carro estavam correlacionados de maneira significativa à densidade urbana (Gráfico 28).

Gráfico 27 – Densidade urbana *versus* consumo de energia (1999)

Fonte: Newman e Kenworthy (1999) *apud* Le Néchet(2012)

Gráfico 28 – Proporção de uso de veículo privado *versus* densidade (1999)



Fonte: Le Néchet (2012)

Como método, Le Néchet (2012) primeiramente levantou critérios para diferenças interurbanas nas práticas de mobilidade, sendo: população [POPU], densidade [DENS], Produto Interno Bruto per capita [GDP], carro próprio [MOTOR] e o logaritmo da razão entre a malha de transporte público e a malha de rodovias [INFRA]. Depois encontrou uma correlação entre a energia consumida por habitante em transporte [ENERGY] e o PIB per capita [GDP], conforme a Tabela 7.

Tabela 7 – Matriz de correlação entre mobilidade e indicadores socioeconômicos

Variáveis	RISK	ENERGY	%SOFT	#DEPL	LENGTH	kCAR	%CAR	GDP	OWN	INFRA
POPU	-0,09	0,21	-0,03	-0,13	0,25	-0,20	-0,03	0,22	-0,06	-0,30*
DENS	0,12	-0,24	0,11	-0,21	-0,03	-0,12	-0,19	-0,19	0,06	-0,19
GDP	-0,36**	0,57***	0,22	0,42***	0,28	0,19	0,28	1	-	-
OWN	0,32*	0,23	-0,27	0,14	-0,02	0,26	0,28	0,27	1	-
INFRA	0,53***	-0,22	0,06	-0,08	-0,22	0,53***	0,47***	0,01	0,32*	1

***: $\alpha=0,01$; **: $\alpha=0,05$; *: $\alpha=0,10$

Fonte: Le Néchet (2012)

Nesse estudo Le Néchet (2012) sugere que o consumo de energia por habitante em transporte (não somente em transporte público) pode ser modelado pela seguinte equação de regressão múltipla:

$$Y_i = K + \sum_{i=1}^4 \alpha_i X_i + \varepsilon_i$$

Onde:

Y_i é o consumo de energia da cidade i ,

X_i são variáveis independentes (Quadro 4),

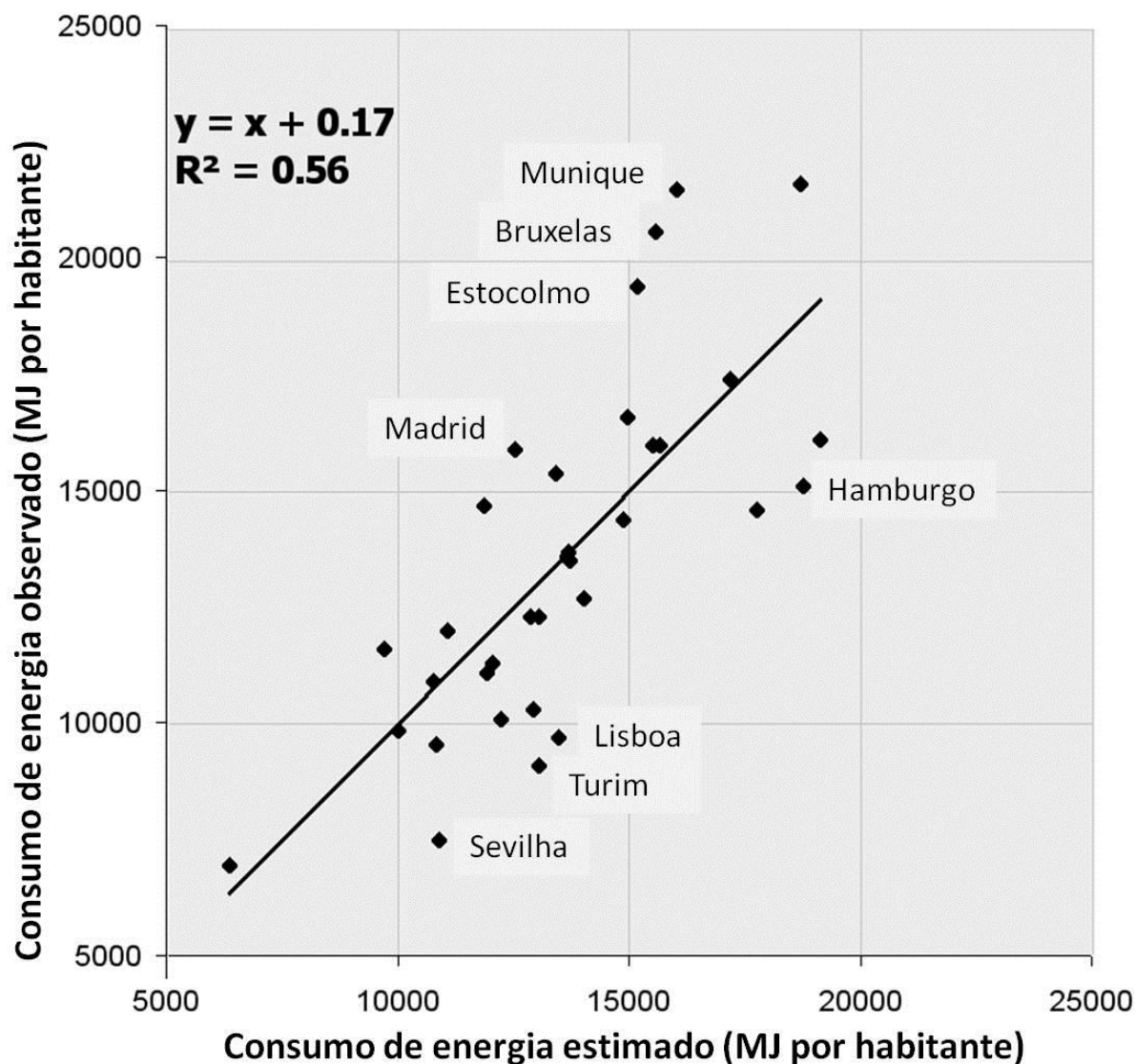
K é o coeficiente linear,

ε_i é o erro do modelo linear.

Os valores numéricos dos coeficientes α_i são dados pelo Quadro 4.

Assim, a correlação entre consumo de energia estimado e observado é exibida no Gráfico 29. Do Quadro 4, por seu turno, infere-se que um aumento de distância entre dois indivíduos de 1 quilômetro é estatisticamente associado ao aumento do consumo de energia de 279MJ / hab. / ano. De qualquer forma, adverte Le Néchet (2012), essa equação não deve ser interpretada de modo casual, pois as cidades se desenvolvem como sistemas complexos e, na realidade, uma modificação da forma urbana não pode ocorrer sem a modificação de outros aspectos da cidade, e, portanto, dos valores de todos os outros indicadores.

Gráfico 29 – Residuais do modelo linear que explica o consumo de energia per capita em transporte, por indicadores socioeconômicos e morfológicos (nas 34 cidades europeias estudadas)



Fonte: Le Néchet (2012)

Le Néchet (2012) conclui que com a pequena amostra, ainda que tenham sido utilizadas 34 indivíduos (cidades), não se pode generalizar, mas que os sinais do coeficiente taxa de carros próprios [OWN] estão relacionados ao aumento no consumo de energia [ENERGY]; a dispersão dos habitantes no espaço, medido pela distância média entre dois indivíduos [DIST] aparenta ser menos eficiente energeticamente, *ceteris paribus*. A presença da entropia [ENTROPY] nesse modelo, correlacionada ao consumo de energia [ENERGY] ilustra a característica sobre a urbanização difusa observada nas cidades europeias, quanto mais

a cidade se torna de uma infinita urbanização maior o montante de energia utilizado para deslocamentos nela. O Quadro 4 apresenta os valores dos indicadores urbanos computados. Ainda, afirma que a policentricidade da cidade é inversamente proporcional ao consumo de energia em transporte por habitante. Esse estudo mostra que as 8 piores cidades representadas no modelo estatístico não parecem ter características similares.

Quadro 4 – Valor dos indicadores urbanos computados para as 34 cidades europeias estudadas

i	X_i	α_i
0	K	-346,0
1	OWN	17,4
2	DIST	279,0
3	RSS	-9340
4	ENTROP	21700,0

Fonte: Le Néchet (2012)

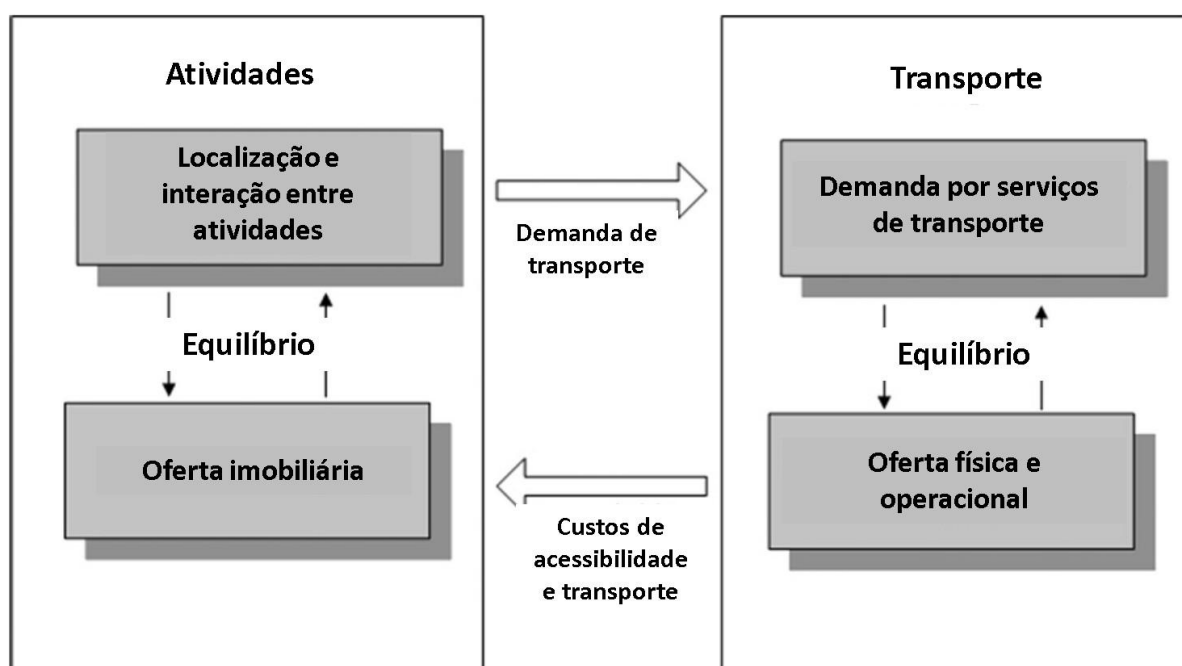
Ficou ainda destacada a relevância dessa abordagem multidimensional, que enfatiza os vários aspectos da forma urbana, úteis para o estudo da variabilidade da mobilidade. Concluiu-se, pois, que o consumo de energia por habitante para o transporte é parcialmente relacionado aos atributos da forma urbana, ou seja, esse consumo de energia é maior em cidades ricas, motorizadas, espraiadas, difusas e policêntricas, conforme apresentado.

Zhou *et al.* (2013) apresentaram um estudo demonstrando os impactos em três cenários distintos da implantação de assentamentos urbanos sobre o consumo energético e outras variáveis na ilha de Xiamen, China. O método utilizado foi a modelagem através do TRANUS (um sistema de modelagem que integra transporte e uso do solo), que fora utilizado em outras cidades, como Baltimore, Sacramento, Osaka, Caracas e Bangalore.

Sua estrutura baseia-se em dois subsistemas: atividades e transporte. A localização e a interação entre os serviços e usos na cidade fornecem a demanda no subsistema *atividades*, que mostra que essas funções como indústrias e residências se localizam em lugares específicos e interagem com outras. O mercado de imóveis provê serviços com terrenos e área construída, representando o suprimento no subsistema *atividades*. A interação entre os serviços e funções gera necessidade de deslocamento, que é a demanda no subsistema *transporte*. O suprimento no subsistema *transporte* são as instalações físicas de transporte e entes operativos. A acessibilidade e os custos de transporte, que são calculados no subsistema *transportes* retroalimentarão nas atividades. Os sistemas *atividades* e o *transportes* foram concebidos como componentes inteiramente integrados com mútuas dependências. A interação entre atividades

gera aumento na demanda por deslocamentos, já a acessibilidade e os custos de transporte, por outro lado, afetam a localização da atividade, interação e o sistema *imobiliário*. Cada subsistema deve tender a um estado de equilíbrio, assim como é afetado por outros subsistemas. Assim, baseado na operação iterada nos modelos, o TRANUS manterá um estado estável e exportará os resultados da simulação quando ambos os subsistemas alcançarem um equilíbrio de demanda/suprimento interno-externo. A Figura 5 demonstra a estrutura do modelo TRANUS, utilizada nesse estudo em Xiamen.

Figura 5 – Estrutura do modelo TRANUS



Fonte: (MODELISTICA, 2007 *apud* ZHOU *et al.*, 2013)

Ainda que o TRANUS seja mais adequado para a escala estadual e interurbana (ZHOU *et al.*, 2013), foram realizadas simulações nas escalas urbanas e metropolitanas.

A aplicação do TRANUS foi feita à Ilha de Xiamen, China, para explorar a transição da morfologia urbana em termos de gasto de energia em transporte. Foram considerados cinco setores urbanos: atividades, análise de tráfego, residentes, modal de transporte e malha viária. As atividades são divididas em exógenas, que dependem de fatores regionais externos, e induzidas, que são causadas por outras atividades da região. No contexto de Xiamen, observou-se que o hábito de deslocamento se refere a ir ao trabalho. Assim, estabeleceu-se uma correlação entre os empregos disponíveis no setor secundário às áreas

industriais, e no setor terciário às áreas com uso misto. Quanto à análise de tráfego, foi utilizada a *Traffic Analysis Zone* (TAZ) como unidade básica para a análise de tráfego de transporte de cargas pelos tipos sociais, como eles se relacionam com o transporte urbano. O modelo incluiu 789 zonas internas e 4 externas, todas consolidadas, e parte do pressuposto de que a demanda por empregos exógenos está relacionada aos tipos de uso, e que os residentes que ocupam essas vagas moram em locais que correspondem a sua própria identidade. Quando um grupo reside em vários tipos de comunidades, a probabilidade é aplicada através de funções. No modelo, através do equilíbrio de deslocamento entre a demanda de empregos e os trabalhadores – em relação ao local em que se encontram – pode ser obtido de acordo com a rede de transporte e os vários modais. O fluxo de veículo entre dois TAZs dá a energia consumida pelos residentes no deslocamento. Já no setor urbano, os residentes consistem na porção considerada ativa, entre 18 e 60 anos. A população que cada assentamento pode acomodar foi calculada baseada nas áreas construídas e nas tipologias das áreas residenciais, com a população distribuída conforme a proporção da capacidade de comportar habitantes por assentamento, que varia entre os blocos comerciais e o centro. Das *surveys* se constatou que 4,9% dos residentes trabalhavam fora da ilha, ou seja, 44,9 mil. Da mesma forma os trabalhadores no TAZs podem ser distribuídos entre grupos de alta, média e baixa renda, que apresentaram frações de 0,02, 0,16 e 0,82 respectivamente. Quanto ao setor modal de transporte e à malha viária, os modais de transporte público disponíveis são: BRT, ônibus comum e táxi. Os modais privados são: carros compactos, bicicleta e caminhada. Foram estabelecidos fatores de desvantagem em função da renda alta, média ou baixa, em relação à posse de carros e acesso ao táxi, sendo, respectivamente: 1, 1,5 e 3. Da mesma forma, em relação ao acesso ao transporte público e à caminhada: 2, 1,5 e 1. A energia consumida por veículos a motor pode ser calculada pela função exponencial negativa no modelo:

$$E_i = E_i^{mín} + (E_i^{máx} - E_i^{mín})(-\mu^i V_i)$$

E_i é a energia consumida pelo tráfego i no modal por unidade de distância.

$E_i^{mín}$ é a mínima energia consumida por unidade de distância quando o tráfego i no modal estiver à velocidade nominal.

$E_i^{máx}$ é o consumo máximo de energia a velocidade do tráfego do modal i é próxima a 0 por unidade de distância.

μ^i é o parâmetro usado para suavizar a curva de consumo de energia.

V_i é a velocidade de tráfego do modal i no limite de capacidade da via.

i é o tipo para os deslocamentos através dos modais na Tabela 8.

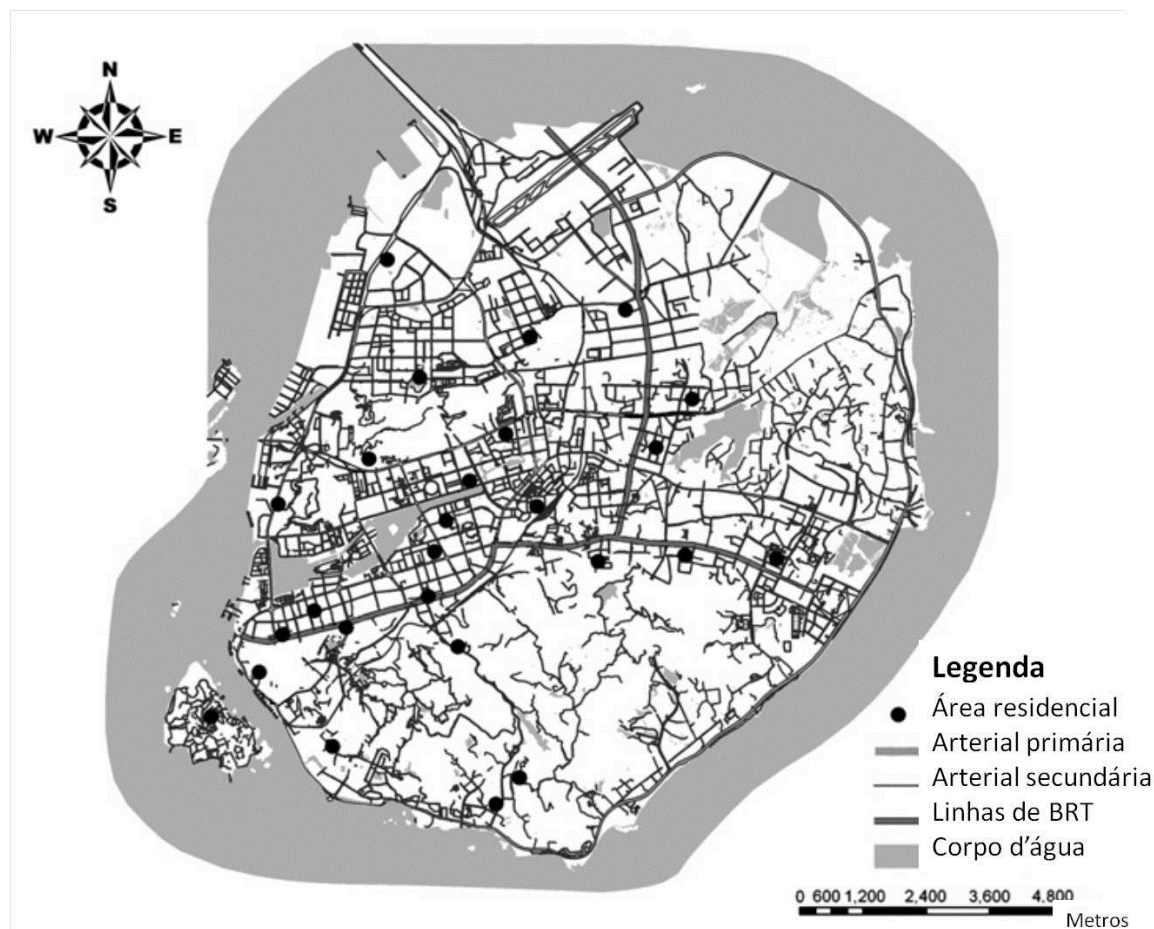
Tabela 8 – Dados calculados para o consumo de energia de veículos automotores no modelo TRANUS

	BRT	ônibus	ônibus pequeno	carros particulares
$E^{min}(axiat)$	0,17	0,17	0,12	0,067
$E^{max}(0,067t)$	0,60	0,67	0,46	0,333
μ	0,06	0,06	0,07	0,080

Fonte: ZHOU *et al.* (2013)

Nesse estudo foi realizada uma *survey* de grande escala em 2009, entre mais de 3000 residentes ilha afora. As amostras cobriram 26 principais áreas e seus arredores, selecionadas aleatoriamente de acordo com a distribuição espacial urbana da ilha e atributos como o tipo de comunidade e o ano de construção, conforme Figura 6.

Figura 6 – Localização dos pontos amostrais na Ilha de Xiamen

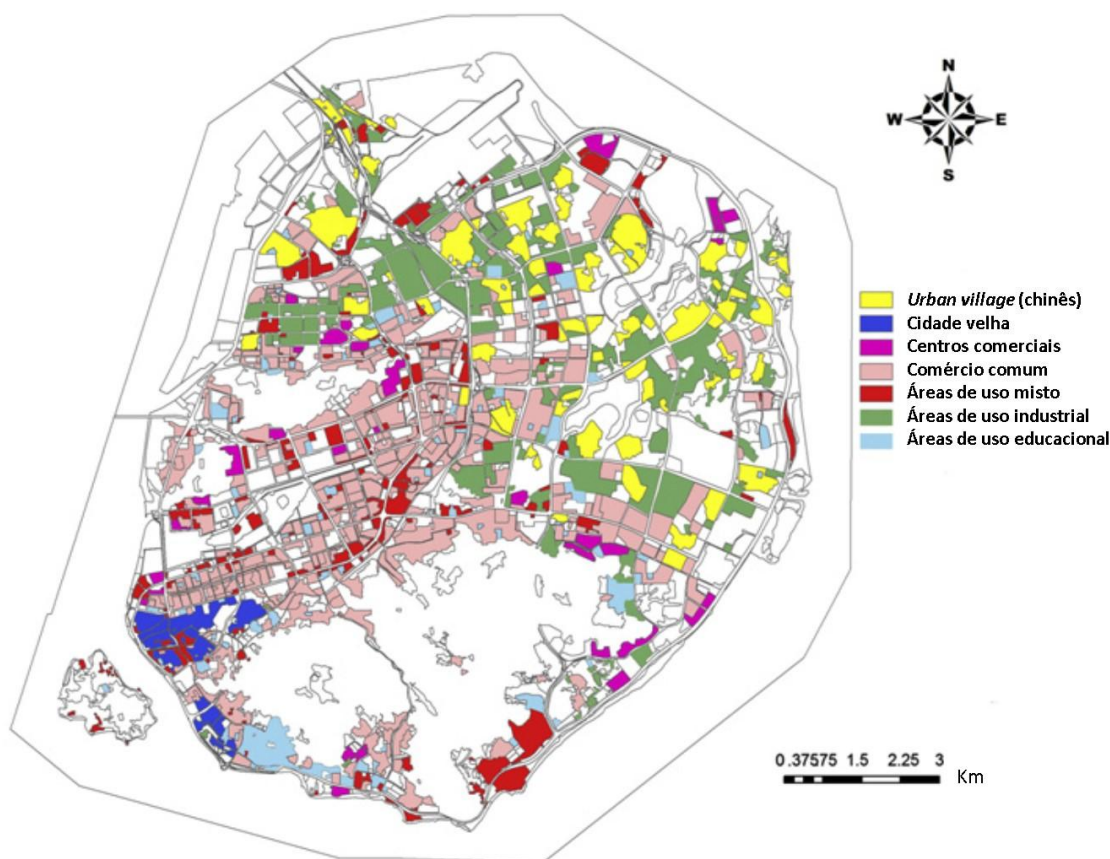


Fonte: ZHOU *et al.* (2013)

A *survey* incluiu três aspectos: atributos pessoais (tipo de assentamento, sexo, estado civil, idade, nível educacional e emprego); condições básicas da família (tamanho da família, renda mensal, moradores da residência, tipo de residência e área); informações sobre o deslocamento (local de trabalho, modal de transporte, frequência de deslocamento e tempo de deslocamento).

Aplicando-se o conceito de morfologia de assentamento os resultados foram divididos em quatro tipos: *urban village* chinês³, cidade velha, centros comerciais e comércios comuns, cujo mapa gerado está demonstrado na Figura 7.

Figura 7 – Localização dos pontos amostrais na Ilha de Xiamen



Fonte: ZHOU *et al.* (2013)

³ *Urban village* é um conceito muito utilizado no mundo, mas com significados distintos. No caso chinês, significa áreas de grande adensamento nas periferias das cidades, muitas vezes com grande verticalização, ocupados por população imigrante e que não possui a posse do imóvel. Vão desde áreas urbanizadas e que dispõem de infraestrutura a regiões densas e degradadas que se assemelham a favelas.

Com base nas condições chinesas de mudança de uma economia imobiliária informal para uma comercial, sobretudo nos últimos 30 anos, em função do desenvolvimento econômico e aumento da renda, foram criados cenários para simular os efeitos que diferentes formas de ocupação produziram sobre o consumo de energia.

O estudo construiu três cenários: *business-as-usual* (BAU), transição da morfologia de assentamento (TSM) e transição da morfologia de assentamento com políticas (TSMP), sendo considerado o período do pico da manhã, das 07:00 às 09:00 nos níveis de 2008.

O Cenário BAU considera que a morfologia de assentamentos não comerciais, como os distritos urbanos e a cidade velha, dessa forma simula o passado, como em 2008, e que não há alterações na morfologia dos assentamentos ou na política. Os parâmetros foram inseridos no TRANUS a partir das Seções de Atividades de Transporte e da malha viária.

O Cenário TSM considera a transição da morfologia dos assentamentos, sem, contudo, alterar aspectos já estabelecidos da cidade, como população, tipo de emprego para cada atividade, intensidade de energia em transporte, malha viária, e por aí afora, são similares ao Cenário BAU. A grande diferença entre os Cenários BAU e TSM é que os TAZs do distrito urbano e da cidade velha foram considerados como transformados em assentamentos comerciais, tendo seus parâmetros alterados para os de assentamentos de comércio comuns, resultando numa distribuição diferente dos residentes. Ainda, presume-se que tais alterações na ocupação dos assentamentos são sempre acompanhadas de rápida urbanização e crescimento econômico, aqui as rendas dos residentes são maiores que no Cenário BAU, assumindo uma proporção de 1:20:21, respectivamente alta, média e baixa rendas.

O Cenário TSMP, por seu turno, é baseado no TSM, mas acrescido de políticas públicas urbanas que foram utilizadas para guiar a transição da morfologia dos assentamentos e reduzir as trajetórias de consumo de energia e de emissão de CO₂ no setor de transportes. As políticas de transporte, nesse Cenário, são: dar prioridade ao desenvolvimento de transporte público (a taxa de cobertura da rede de transporte é maior que 78%, o círculo de atendimento das paradas é menor que 500m de raio, o tempo médio de espera é inferior a 5 min. Faz parte ainda do Cenário TSMP a redução do número de zonas industriais de 20 para 14, a conversão de zonas industriais para zonas comerciais de uso misto (40%), políticas econômicas que aumentam os custos dos carros e reduzem os custos de ônibus, como: taxas no combustível, e aumento nos custos de estacionamento (30%), e subsídios para a operação de ônibus (50%).

Os resultados das simulações estão apresentados na Tabela 9.

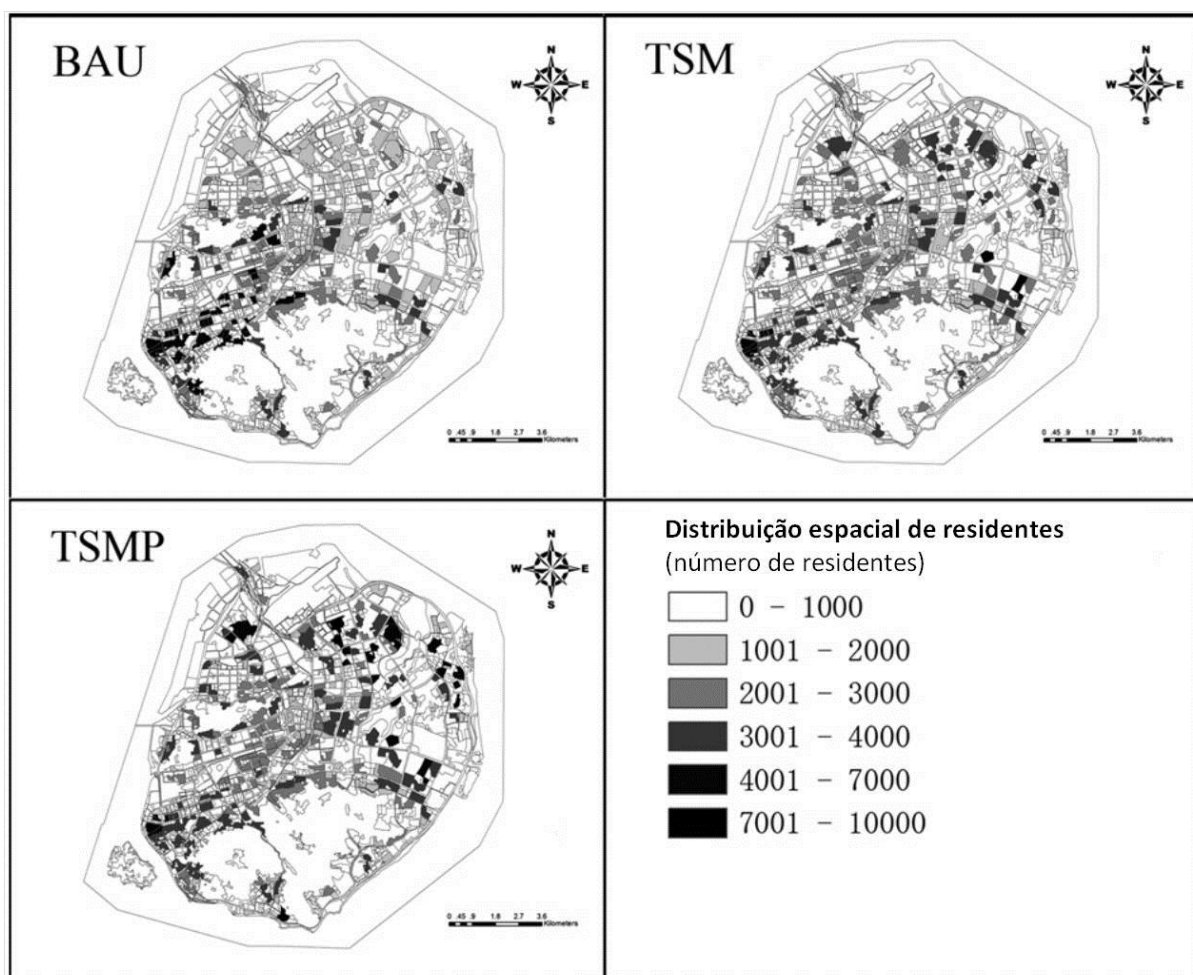
Tabela 9 – Resultados das simulações das características de deslocamentos e consumo de energia no transporte

Cenário	Deslocamento	Distâncias (m)	Porcentagem de carros particulares	Tempo médio (h)	Consumo de energia			Emissões de CO2 (t)
					Gasolina (L)	Diesel (L)	Total (tec)	
BAU	949,936	6,39	21,50	0,39	45838	3987	53,78	117,87
TSM	910,749	6,49	31,42	0,55	53605	2821	60,64	132,9
TSMP	866,955	5,92	16,75	0,31	42502	4723	51,12	112,05

Fonte: ZHOU *et al.* (2013)

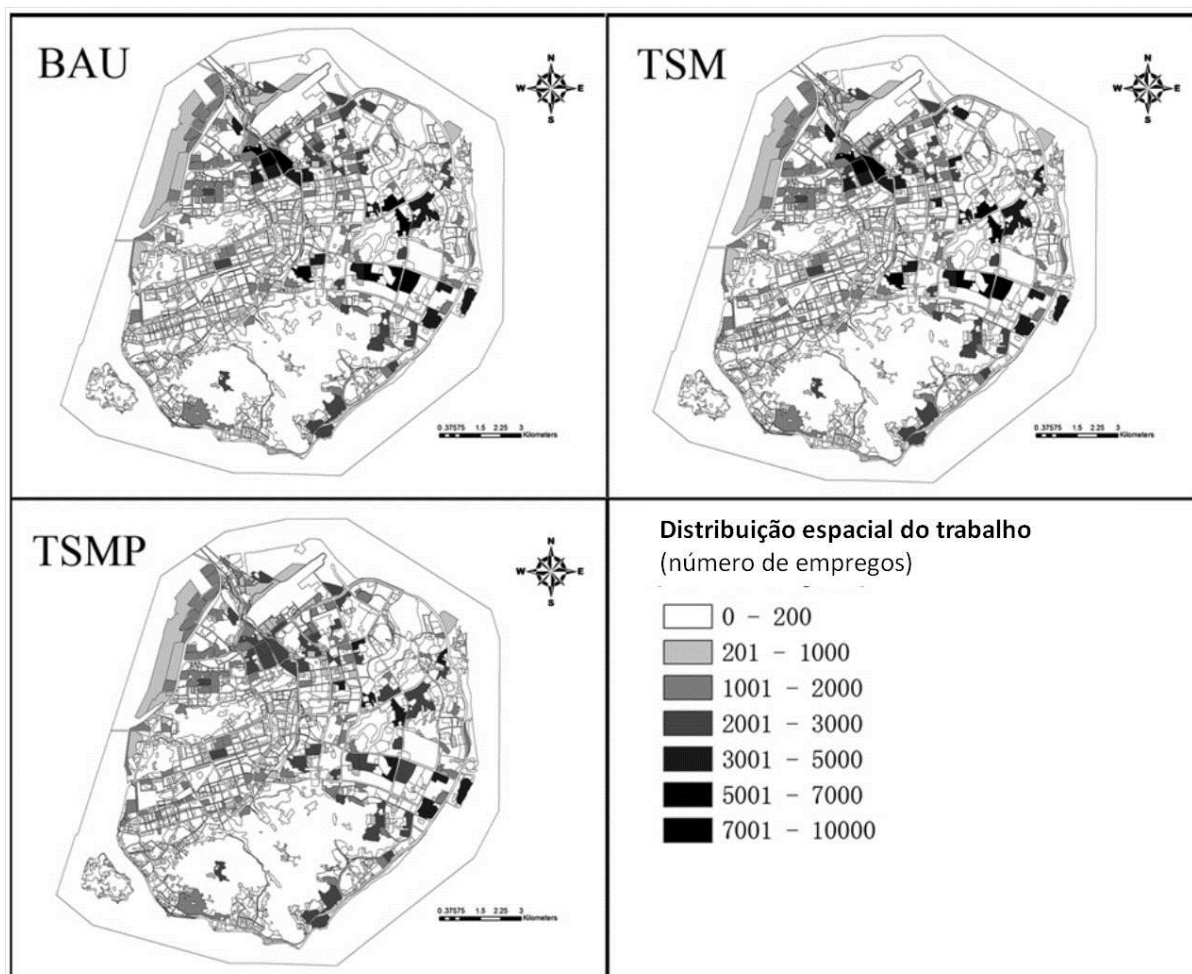
Já a Figura 8 apresenta a distribuição espacial dos residentes na Ilha de Xiamen sob diferentes cenários, a Figura 9, a distribuição espacial dos empregos.

Figura 8 – Distribuição espacial dos residentes da Ilha de Xiamen em três diferentes cenários



Fonte: Zhou *et al.* (2013)

Figura 9 – Distribuição espacial dos empregos na Ilha de Xiamen em diferentes cenários



Fonte: ZHOU *et al.* (2013)

Em conclusão, Zhou *et al.* (2013) ressaltaram que:

Os resultados mostraram que as diferenças em termos de distância média de deslocamento e tempo, distribuição do uso de carros, assim como as alterações no uso do solo, nos locais das residências e dos empregos explicam as diferenças no consumo de energia e na emissão de CO₂, nos diferentes cenários. Para o TSMP a transição da morfologia dos assentamentos e as políticas de uso do solo conduziram para áreas residenciais e empregos mais dispersos, juntamente com o adensamento e diversificação do uso do solo. Enquanto as políticas econômicas e de transportes desencorajaram o aumento no uso de carros, assim, reduzindo o número médio e o tamanho dos deslocamentos. (traduzido pelo autor)

Esse estudo demonstrou o grande impacto que as políticas urbanas e a morfologia dos assentamentos têm na China, o que se estende a muitas outras situações no país e mesmo em outras nações em desenvolvimento.

2.4 CONSIDERAÇÕES

A partir dos estudos aqui apresentados torna-se evidente que a dependência dos carros é uma característica do mundo industrializado e que isso se estende aos países em desenvolvimento, em que podem tomar proporções ainda maiores. As implicações dessa dependência aparecem no consumo de energia e na poluição atmosférica, diretamente ligados aos veículos à combustão nos centros urbanos.

Por outro lado, os estudos que visam prever o consumo nas cidades no longo prazo se mostraram bastante variados e com enfoques distintos. Isso devido, inclusive, à grande quantidade de variáveis que interferem diretamente no consumo de energia, em especial no urbano voltado para o transporte.

Pode-se, ainda, observar que os estudos partem de dados governamentais sobre o consumo de energia, e nenhum deles teve condições de utilizar uma abordagem *bottom-up*, por exemplo, medindo o consumo de cada carro individualmente, para somar o consumo total e se chegar ao consumido em transporte. Antes, partiram de informações de vendas de combustíveis, ou de estimativas governamentais oficiais. Com efeito, enquanto não houver meios de medição direta do consumo de energia acessíveis econômica e tecnicamente, a estratégia mais viável para abordar a questão é a *top-down*, a despeito das incertezas a ela implícitas.

Ficou ainda evidente que o conhecimento sobre a distribuição do consumo de energia e os fatores urbanos a ele associados ainda não são precisos, de modo que se faz importante a criação de maiores informações sobre o consumo de energia. Quando se considera o recorte metropolitano, ou a conurbação, os estudos apresentados não revelam uma abordagem cabível, o que ressalta a dificuldade da questão. Com efeito, os autores partem de dados consolidados, pois, por hora, é o meio mais eficaz acessível.

Dentre os estudos apresentados fica demonstrado que a dificuldade na coleta de dados ou de informações sobre a escala metropolitana induzem à produção de conhecimento na questão consumo de energia e cidade, para dentro dos limites consolidados. Dessa maneira, os estudos se ativeram a escalas consolidadas. As abordagens aqui apresentadas ressaltam a dificuldade de análise e, sobretudo, de informações quando tratada uma região metropolitana.

3 MÉTODO

3.1 DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Dada a complexidade da pesquisa com matrizes energéticas, fica evidente a necessidade de rigor e zelo no processo do método de pesquisa, com a adoção de fontes adequadas, uma delimitação do objeto de estudo dentro de parâmetros precisos para a inferência mais acurada possível. Como o propósito deste trabalho é responder a pergunta “Quais são as matrizes energéticas parciais das cidades de Bordeaux, Cincinnati e Curitiba?”, aqui será exposta a estratégia traçada para esse fim.

De acordo com Yin (2001), estudos que tenham o problema de pesquisa a forma “qual/quais”, como o aqui apresentado, são, na verdade, uma forma de investigação na linha “quanto”, pois o que se quer saber é quanto cada energético é consumido para transporte na cidade, ainda que a pergunta seja “qual/quais”. Nesse contexto, esse autor sugere que seja tomada uma estratégia de análise de levantamento de dados ou análise de arquivos. Ainda, quando o objetivo da pesquisa for descrever a incidência ou a predominância de um fenômeno ou quando ele for previsível sobre certos resultados, favorecem estratégias de levantamento de dados ou de análise de arquivos. Yin (2001) ainda afirma que estudos que tenham como problema a forma “o que/qual” sugerem como estratégia o levantamento ou a análise de arquivos.

Considerando-se que este estudo se pauta em análise de dados pré-existentes, e que o caráter essencial é o de descrever como se dá o consumo em mobilidade, isto é, trata-se de um estudo num contexto exploratório, mas através de um trabalho descritivo, e que, ainda, focaliza-se em acontecimentos contemporâneos, a opção de estratégia aqui selecionada é a análise de arquivos.

Segundo Robson (2011), uma estratégia fixa sugere uma pré-especificação justa antes da etapa de coleta de dados, além de que os dados normalmente são números, sendo também chamada de estratégia quantitativa. Ambos os requisitos se inserem no contexto de matrizes energéticas. Além disso, ele afirma que quando na pesquisa o enfoque é nos resultados, como o problema apresentado, da mesma forma, a estratégia fixa é provavelmente a indicada. Sendo, pois, a opção por uma estratégia fixa, Robson (2011) sugere os dois projetos amplamente utilizados: experimentais e não-experimentais.

Como a abordagem de matrizes energéticas de cada uma das três cidades, aqui, não pretende a comparação entre amostras – haja vista que cada cidade é um caso particular, com características próprias dentro de uma cultura distinta, de modo que se não permite

comparações desse gênero, como se fossem produtos de um mesmo experimento –, nem a alteração de resultados fruto de manipulação de variáveis, a escolha é pela análise de dados, uma estratégia fixa, projeto não-experimental (ROBSON, 2011). Este autor ainda afirma que estratégias fixas não-experimentais são adequadas para estudos descritivos, que é a ambição aqui.

No tocante à comparação entre cidades, há estudos que o fizeram entre consumo de energia e características urbanas ao redor do mundo (LE NÉCHET, 2012), são utilizados, contudo, outros métodos, pautados sobretudo em dados das cidades, de ordem física, política, econômica, ambiental e mesmo social, e em análises estatísticas. Como aqui o método proposto é incomum, tal tipo de comparação será pertinente somente quando houver um universo mais amplo, ou seja, matrizes de mais cidades elaboradas da mesma forma, pois, assim, a análise estatística será viável e mesmo comparações mais precisas, primeiramente em relação ao próprio método: a geração de matrizes, e, depois, de seus resultados com outros estudos e com a realidade.

O método considera os dados existentes, trabalhará com eles através de uma estratégia fixa, mas, pelo caráter dos dados (balanços de energia elaborados por atores únicos em ambientes únicos) e dos objetos aos quais serão analisados (cidades, com toda a complexidade de variáveis inerentes) por mais que a estratégia seja de cunho quantitativo, por lidar com números, a análise de resultados poderá ser somente de cunho qualitativo, pois, conforme exposto, não há amostras suficientes para conclusões mais precisas, ou análises através de modelos estatísticos.

Para o problema apresentado serão realizados os levantamentos do consumo de energia por energético e por setor da economia, se disponível, das áreas que compreendam as regiões metropolitanas estudadas, e, através de uma estratégia *top-down*, por inferência técnica-contábil, produzir as matrizes energéticas das áreas conurbadas dentro das referidas regiões metropolitanas. A opção por esse método se deu pela sua factibilidade no prazo desta pesquisa, e por partir de informações já existentes.

Dessa forma, no intuito de descrever o consumo energético nas áreas conurbadas selecionadas, a estratégia escolhida é um estudo de caso através da análise de arquivos, estratégia fixa, um não-experimento.

3.2 UNIDADE DE ANÁLISE

A energia consumida nas áreas urbanas terá como unidade de análise a tonelada equivalente de petróleo (tep), corresponde a 11,63MWh, conforme utilizado no Balanço Energético Nacional elaborado anualmente pela EPE (EPE, 2013a e EPE, 2013b), bem como pela *International Energy Agency* (IEA) (IEA, 2010 e IEA, 2013a), ou, ainda, corresponde a 41.868 GJ o poder calorífico nela contido.

Cada combustível a base de petróleo tem seu próprio poder calorífico em função de sua qualidade e de suas características, de modo que para cada um é considerado o poder calorífico médio anual para as conversões em tep. Quanto à energia nuclear, as conversões presumem um rendimento de 33% da energia térmica inicial transformada em eletricidade (IEA, 2012). Da mesma maneira, alguns balanços ainda utilizam um rendimento fixo, em torno de 33%, para usinas termoeletricas, o que não é recomendado pela IEA, uma vez que cada combustível tem seu próprio poder calorífico, e o rendimento presumido não considera toda a energia utilizada. Para a produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis, inclusive a hidráulica, é considerado que 1 GWh equivale a 85,984 tep (IEA, 2013a).

Haverá o trabalho com várias outras unidades, como índices de urbanização, unidades monetárias dos países, números de habitantes das regiões e dos municípios, entre outros, sendo que esses serão utilizados na proporcionalidade em que ocorrerem, para, somente depois, o resultado final em tep.

Desse modo, a variável dependente, que será exibida por energético, por setor, para cada município e para a área conurbada de cada uma das três metrópoles será analisada em tep.

Como variáveis independentes serão utilizados fatores que permitam fazer preferencialmente a interpolação de dados (estratégia *top-down*) a partir de um total consumido em municípios. As variáveis independentes são:

- Porcentagem de população urbana; e,
- Valor agregado fiscal (ou PIB, na ausência do primeiro).

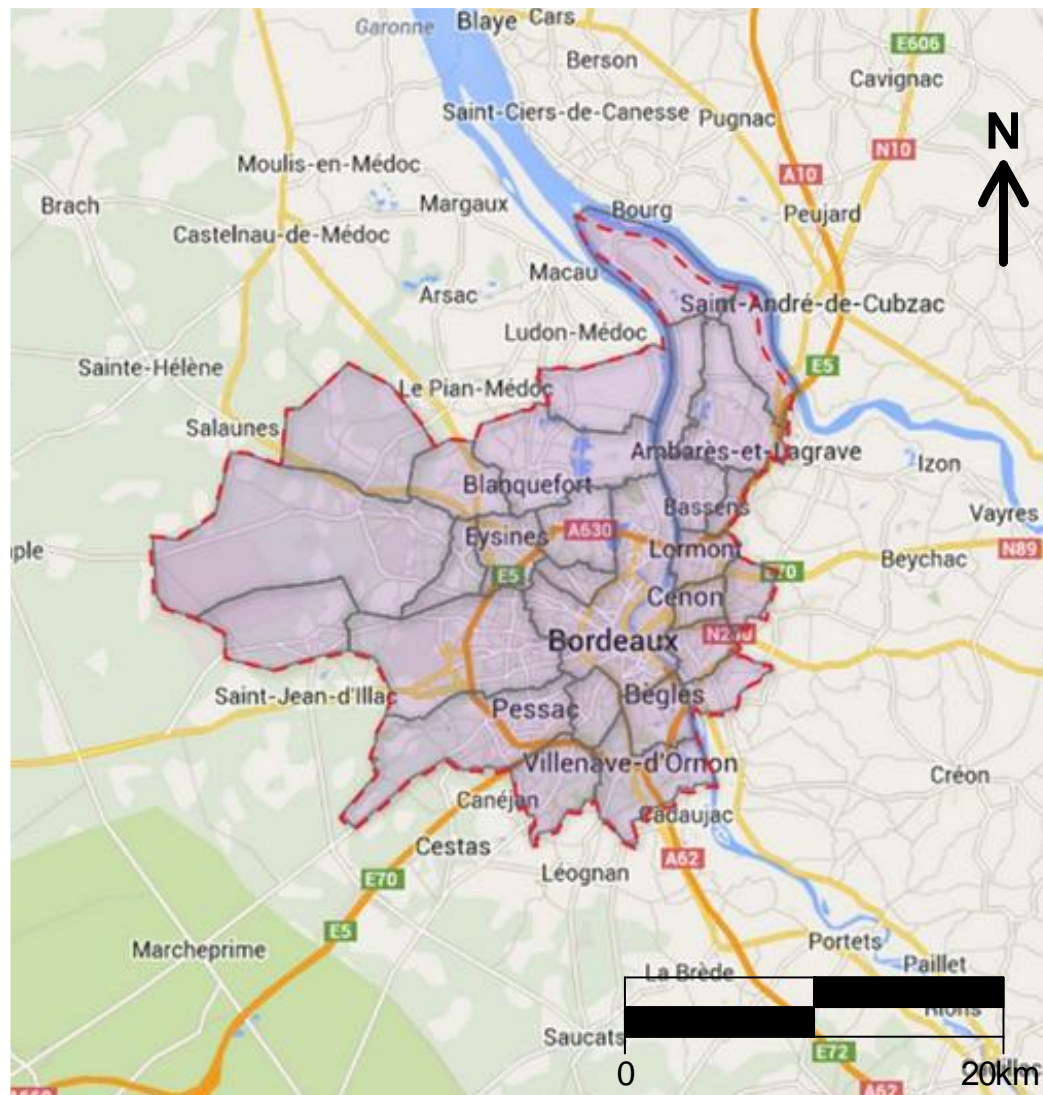
Em função dos dados disponíveis para cada município que faça parte das três regiões metropolitanas em estudo, pode ser necessário incluir outras variáveis independentes para que a inferência seja concluída.

3.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Como este trabalho envolve três áreas metropolitanas, a criação de matrizes energéticas será sobre a área conurbada dos centros das metrópoles. Serão considerados os municípios integrantes das respectivas regiões e que tenham parte na conurbação principal, pois é nela que ocorre o fenômeno urbano com todas as suas características e serviços. As áreas não consideradas são, na prática, áreas rurais, ainda que por definição legal, o perímetro urbano seja arbitrado por lei municipal, e se estenda por área maior, no caso do Brasil. Ocorre, contudo, que a área de população urbana é a que ocupa os espaços já consolidados, quando considerados os valores absolutos (são bem pouco significantes as populações que vivem em áreas legalmente urbanas, mas que ainda não foram consolidadas, uma vez que essas áreas são desprovidas de infraestrutura básica: ruas, redes de água, esgoto, energia, iluminação pública, drenagem) e, assim, tem gasto de energia equivalente ao de áreas rurais. Para a tabulação e inferência da população urbana será considerado o definido nas respectivas estatísticas oficiais de cada país, que definem o percentual de população urbana.

Como são três as áreas metropolitanas em estudo, aqui serão. No caso da Grande Bordeaux, será utilizada *La Communauté Urbaine de Bordeaux* (CUB), que é composta por 28 *communes*, ilustrada pela Figura 10.

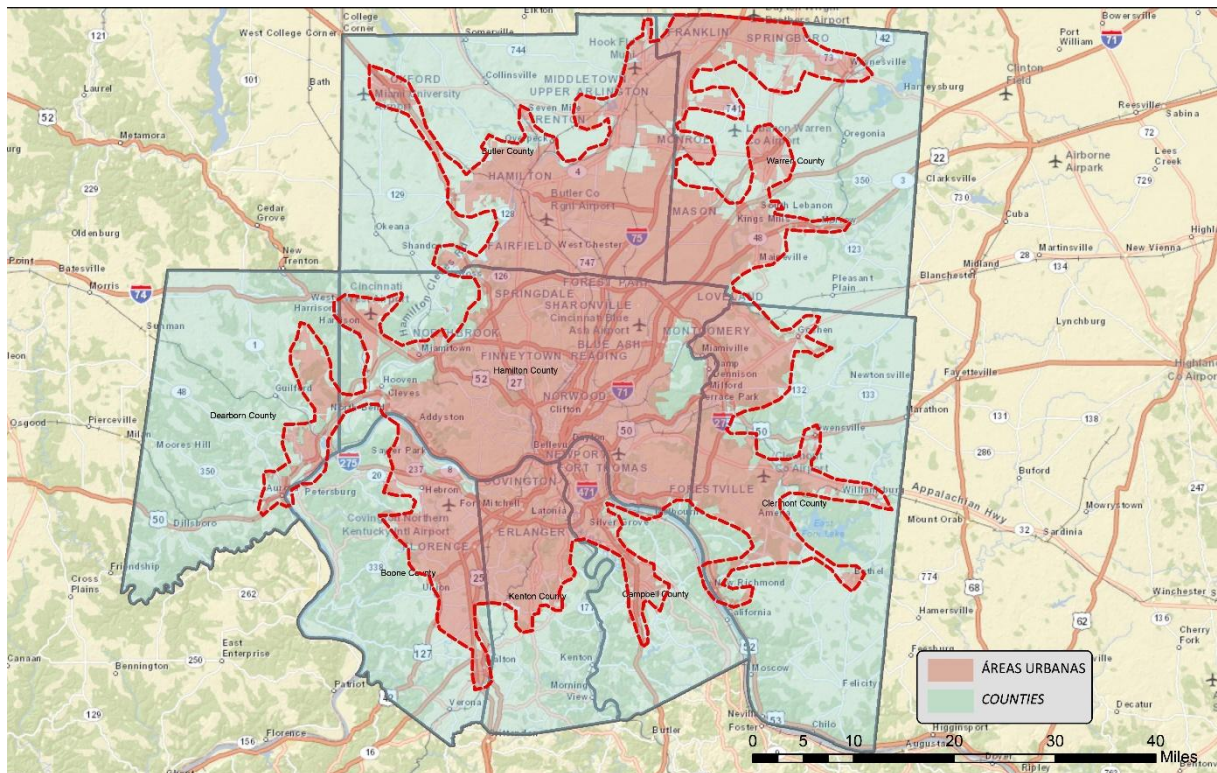
Figura 10 – Mapa da *Communauté Urbaine de Bordeaux* (CUB)



Fonte: (CUB, 2013)

Para a área conurbada de Cincinnati, que envolve área dos estados americanos de Ohio, Kentucky e Indiana, sendo chamada de OKI, como demonstra a Figura 11, serão consideradas as áreas urbanas da Grande Cincinnati.

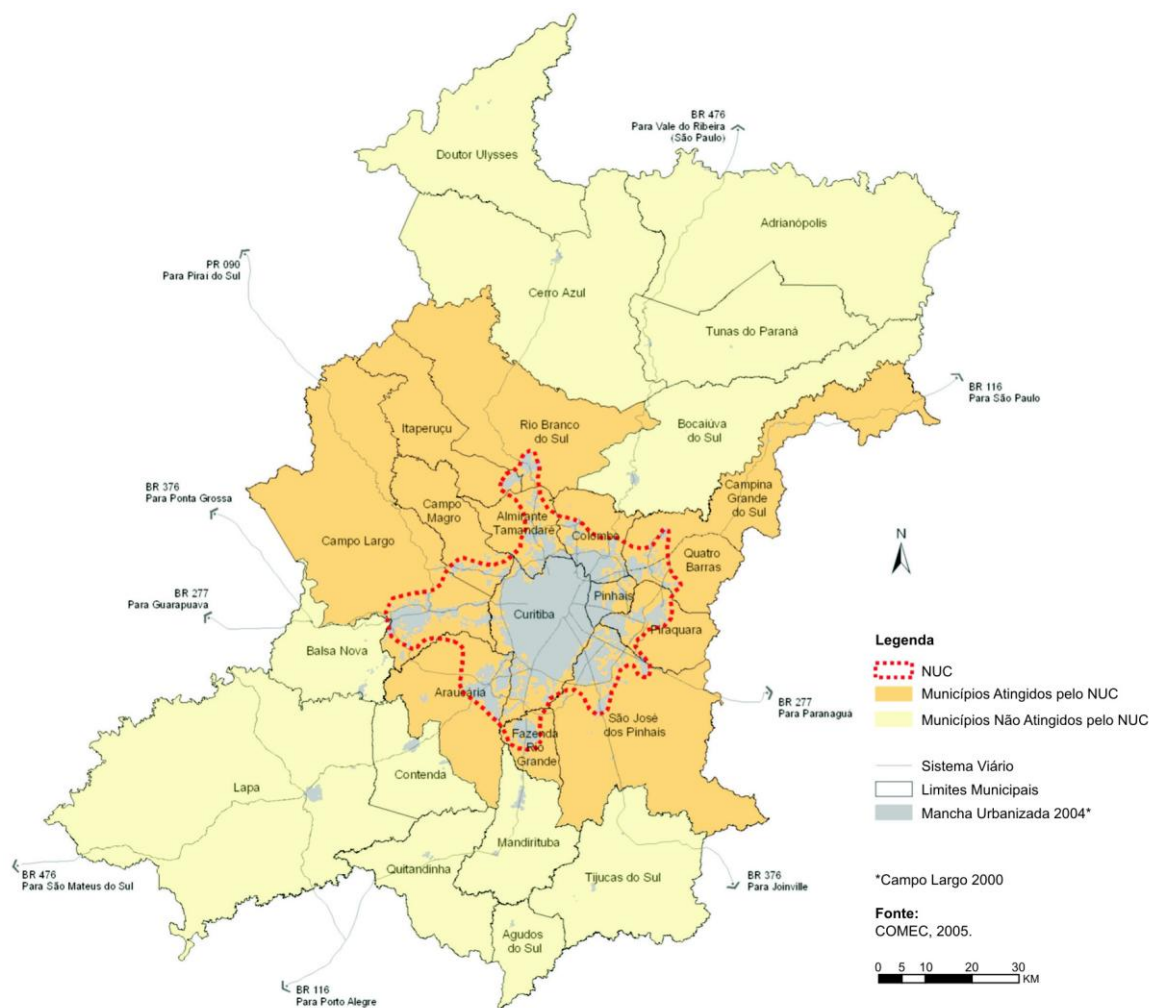
Figura 11 – Mapa das Áreas Urbanas da Grande Cincinnati



Fonte: (OKI, 2004)

No caso de Curitiba a abrangência deste estudo se restringirá à área conurbada da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) definida como Núcleo Urbano Central (NUC), composto por 14 municípios, como demonstrado na Figura 12.

Figura 12 – Mapa do Núcleo Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba



Fonte: (COMEC, 2006)

Cabe salientar que os mapas aqui apresentados são um retrato da área urbana em questão. Os dados, contudo, serão analisados a partir dos levantamentos oficiais (estatísticas), que fazem distinção entre população urbana e rural e que eventualmente podem não coincidir com a informação geográfica, o que implica possível erro de constructo.

Quanto ao consumo energético, será considerado o período de um ano, a partir da mais atualizada base de dados disponível para cada um dos três casos.

3.4 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA A PARTIR DO OBJETIVO

Partindo-se da opção de pesquisa definida como um estudo de caso, análise de arquivos, não-experimento de estratégia fixa, no caso pontual do trabalho aqui apresentado, eis a justificativa para sua escolha e seu desenvolvimento.

A pretensão inicial deste trabalho era a de efetuar a coleta de dados sobre energia, criando as matrizes parciais, e também efetuar a coleta de dados sobre as características urbanas e morfológicas das cidades, de modo a, depois, criar cenários com situações diversas e descobrir quais seriam as consequências sobre o consumo de energia. Isso caracterizaria uma estratégia fixa, um experimento, aos moldes do elaborado por Le Néchet (2012).

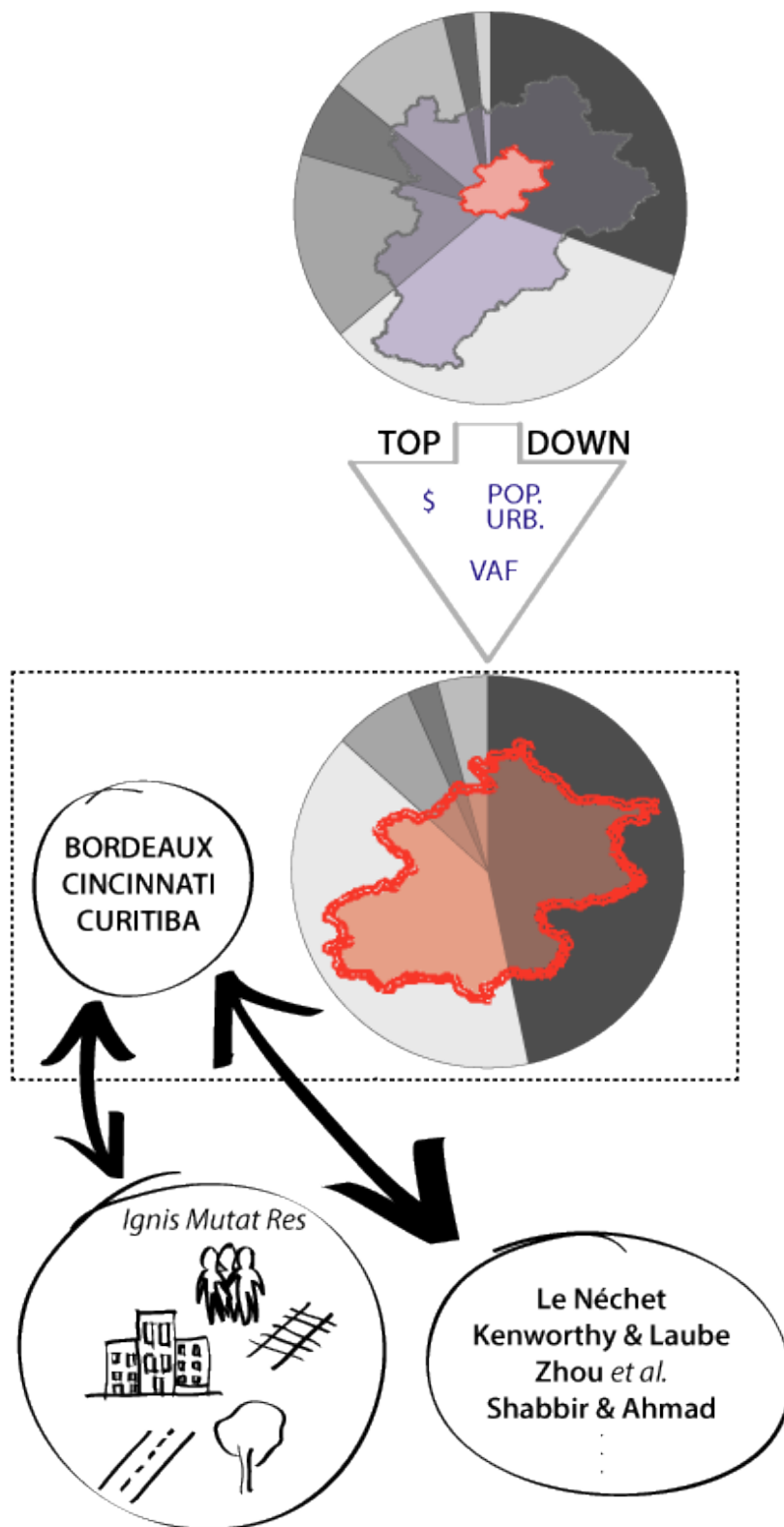
Devido à falta de dados para Curitiba, onde esse trabalho foi desenvolvido, e à falta de acesso aos dados das outras cidades, esse intento não foi possível de ser consumado. Dessa forma, a própria elaboração das matrizes se tornou o maior problema, requerendo maiores análises sobre sua concepção, bem como da própria abordagem empregada, *top-down*.

Assim, a estratégia de pesquisa foi modificada, passando a ser um estudo de caso, através da análise de arquivos, estratégia fixa, um não-experimento, pois os problemas para coleta de dados e para a aplicação das inferências, em si, se revelaram assaz desafiadores.

Como o mote da pesquisa é sobre variáveis dependentes (consumo de energia na área conurbada), matrizes resultantes de cada uma das cidades, sendo uma matriz de energéticos, outra por setor da economia, optou-se por essa estratégia. Essas matrizes serão úteis para apresentar como se dá o consumo dentro das áreas conurbadas, “metrópoles *de facto*”, a despeito de qualquer limitação político-administrativa.

3.5 MAPA MENTAL

Figura 13 – Mapa mental



Fonte: O Autor

O diagrama apresenta uma situação hipotética de uma área (ilustrada pelo mapa roxo) que compreenda toda a conturbação em estudo (representada pelo mapa vermelho), em que, tendo-se os dados sobre consumo de energia da área maior, através de inferências (proporção da população urbana) ou da riqueza gerada (valor adicionado fiscal), e, também, através da seleção dos energéticos com uso em contexto urbano, pode-se chegar a uma matriz energética da área conurbada.

A partir dessa matriz, e com os dados que foram obtidos no âmbito do Programa *Ignis Mutat Res* sobre as três metrópoles, pode-se comparar algumas características urbanas e de consumo de energia dentre cidades, a título exploratório.

3.6 TESTES DE VALIDADE

Para se referir à validade de uma pesquisa, Robson (2011) faz duas questões retóricas:

- “Isso realmente captura o verdadeiro estado das coisas?”
- “São verdadeiras algumas das relações assumidas a partir dos resultados ou devido ao efeito de alguma outra coisa?”

Depois, explica: validade interna é a precisão, o rigor de um resultado; já validade externa, refere-se à abrangência a que os resultados de uma pesquisa são geralmente mais aplicáveis.

3.6.1 Validade interna

Quanto à validade interna, eis o método empregado. Parte-se de bases de dados oficiais já existentes e utiliza-se para as inferências igualmente dados oficiais, que são os mais próximos da realidade, e mais, são os dados de que se dispõem. Ou seja, são utilizados os dados mais confiáveis e precisos que se tem, sabendo-se, entretanto, que eles mesmos possuem erros nas suas concepções.

Para Curitiba, no caso dos combustíveis a base de petróleo, os dados de vendas fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), que são tabulados pela COPEL quando da confecção do Balanço Energético do Paraná e posteriormente convertidos em tep, foram tabulados a partir dos revendedores. Há, aqui, um ponto que deve ser levantado. Como o consumo de combustíveis fósseis é considerado sobre o local de venda, em muitas situações o gasto energético efetivo, o local onde a energia realizou o trabalho, não se dará dentro da região conurbada considerada. Isso vale para os modais de logística e de transporte que façam

percursos interestaduais e intermunicipais. Ocorre, entretanto, que tal abordagem é a realizada atualmente em estudos mundo afora (por exemplo: LE NÉCHET, 2012 e SHABBIR & AHMAD, 2010), pelo fato de a escala de análise e os vários meios de consumo dificultarem medições diretas. Quanto ao consumo de eletricidade, esses dados são fornecidos pela própria COPEL, empresa concessionária de energia elétrica. No tocante ao gás natural, no caso de Curitiba, os dados fornecidos são da Companhia Paranaense de Gás (COMPAGÁS).

Para as cidades de Bordeaux e de Cincinnati os dados foram obtidos a partir dos órgãos governamentais, que estivessem disponíveis e o mais próximo da escala urbana. No caso francês foram pesquisados a partir do *Institut national de la statistique et des études économiques* (Insee) e do *Observatoire Régional Énergie Changement Climatique Air* (ORECCA), já no caso norte-americano, a partir do *United States Census Bureau* e da *United States Energy Information Administration* (EIA).

Apesar do exposto, com a difusão de abordagens que consideram o consumo sobretudo de combustíveis fósseis a partir dos dados de comercialização, e não de utilização efetiva, na literatura, e que essas são atualmente as únicas fontes disponíveis para tal escala, a validade interna é assegurada para efeito de uma pesquisa de caráter exploratório.

3.6.2 Validade externa

A validade externa, por seu turno, se dará pela aplicabilidade dos resultados obtidos. Como o método escolhido foi o de análise de arquivos e dados em três situações, a comparação entre os elementos será realizada, mas num caráter informativo e não estatístico, em razão da natureza distinta das três cidades. Em relação a outras cidades ou ao consumo de outras áreas conurbadas serão feitas comparações aos estudos já realizados por Le Néchet (2012). Neste contexto, sendo, pois, uma pesquisa descritiva de caráter exploratório, não será possível comparações com rigor estatístico. Fica aqui desde já a menção à aplicação deste método simples para várias outras cidades, de modo que se possa, a partir daí, fazer comparações entre indivíduos (áreas conurbadas) de modo estatístico. De qualquer maneira, no Capítulo 5 serão expostos comentários comparando outros resultados e as regiões metropolitanas aqui estudadas com demais estudos realizados sobre cidades além do universo amostral aqui trabalhado, através de outros métodos, pois, não há aferição entre os métodos para comparações matemáticas diretas.

Retornando ao caráter exploratório desta pesquisa, a validade externa está na produção de novas informações, a partir de uma escala incomum na literatura para matrizes

energéticas, e, em se tratando da unidade mundialmente utilizada para o consumo de energia, tep, permite reflexões e considerações sobre como as cidades vêm utilizando seus recursos energéticos com outras fontes de pesquisa.

3.6.3 Validade de constructo

Para a validade de constructo Robson (2011) cita outra pergunta retórica: “isso mede o que se pensa que mede?” No caso do estudo sobre consumo energético, não há muito espaço para vieses, no sentido que a energia é medida pelo consumo normalmente em *British Thermal Unit*, joules, tep ou quilowatts-hora para um trabalho específico. Assim, partindo-se de parâmetros de consumo objetivos – ainda que sejam apenas dados contábeis, e não o consumo efetivo para um trabalho –, que são a verdadeira fonte para este estudo, o consumo energético, apresentado em matrizes, e com as inferências que serão realizadas, com efeito, se terá matrizes energéticas de áreas conurbadas em metrópoles. Ou seja, haverá a medição daquilo que se pensa estar medindo. Desde já se faz menção às inúmeras falhas de constructo inerentes à abordagem de matrizes energéticas a partir de matrizes energéticas já existentes, em escalas maiores, sendo que parte delas já foram apresentadas na Seção 3.6.1, e outras, que ficaram mais evidentes quando da análise dos dados, serão expostas no Capítulo 5. Este método, a saber, a inferência técnica-contábil de uma escala maior para uma menor, redundante, entre outros, num erro de constructo, no sentido que nem sempre uma população rural consumirá o mesmo que a população urbana, de modo que tal relação pode ser questionada.

3.7 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Conforme citado na delimitação do trabalho, Seção 3.3, o estudo terá a abrangência das principais áreas conurbadas das regiões metropolitanas de Bordeaux, Cincinnati e de Curitiba, considerando o consumo energético no período de um ano.

As interpolações e extrapolações a partir de matrizes já existentes das áreas que compreendem todas as conurbações serão realizadas por inferência técnica-contábil, utilizando para tal a proporção de população e o valor adicionado fiscal.

3.8 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como parte do método, a Revisão Bibliográfica, já exposta, teve o intuito de descobrir o estado da arte em relação ao tema. Foram levantadas informações sobre os estudos

que vêm sendo realizados, principalmente a respeito das abordagens que envolvem a questão da *urbe* com o consumo de energia. Como o tema é permeado por várias influências, como foi exemplificado no Capítulo 2, nesta primeira etapa coube esse levantamento para que se soubesse quais são os principais elementos a serem considerados quando da análise da questão energética nas cidades. Essa coleta se iniciou com a produção científica mais recente, sobretudo de 2010 em diante, e sobre o tema de simulação, criação de cenários para se saber de onde, de que referências partiram os pesquisadores na atualidade. Serviu, mormente, para endossar os dados técnicos oficiais dos governos para os estudos sobre energia na escala urbana ou superior.

3.9 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

Este trabalho teve sua coleta de dados pautada em referências sobre energia, sejam os balanços energéticos, seja a produção científica sobre o tema, e sobre os aspectos definidos como urbano, aqueles que servem para caracterizar o que de fato é população urbana, mas com lastro quantitativo.

Esse levantamento consiste na coleta de dado a partir dos Balanços Energéticos das regiões geográficas que compreendam a área conurbada em estudo, para cada situação. No caso de Curitiba, a publicação em menor escala é o Balanço Energético do Paraná (COPEL, 2010), conseguiu-se, contudo, através de contato com a COPEL, pela Coordenadora do Balanço, Sra. Rosicler do Rocio Brustolin, os dados da região leste do Estado do Paraná para o ano de 2011, que serviram para a compilação do Balanço do Estado 2012 (ainda não publicado). Esses foram fornecidos para esta pesquisa. Até o momento os dados disponibilizados foram parte dos do ano de 2011, sendo que o restante ainda está sendo compilado.

Para as cidades de Bordeaux e de Cincinnati, os dados obtidos foram dos órgãos governamentais responsáveis pela elaboração dos respectivos balanços energéticos, na escala mais próxima à urbana, no caso francês do *Institut nationale de la statistique et des études économiques* (Insee) e do *Observatoire Régional Énergie Changement Climatique Air* (ORECCA) *d'Aquitaine*, e, por fim, no caso norte-americano, do *United States Census Bureau* e da *Energy Information Administration* (EIA).

Como método de coleta de dados foi elaborado o seguinte protocolo, Quadro 5:

Quadro 5 – Dados coletados

CIDADE (todas que façam parte da conurbação principal)	SÓCIO-ECONÔMICOS				CONSUMO DE ENERGIA (tep)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	POPULAÇÃO	POPULAÇÃO URBANA (%)	REDA ANUAL (US\$)	VALOR ADICIONADO FISCAL (US\$)	ENERGÉTICO										SETOR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
					DIESEL	GASOLINA	ÓLEO COMBUSTÍVEL	GLP	ETANOL	GÁS NATURAL	ELETRICIDADE	QUEROSENE DE AVIAÇÃO			:	OUTROS	RESIDENCIAL	INDUSTRIAL	COMERCIAL	ENERGIA	TRANSPORTE	OUTROS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

Fonte: O autor

3.10 INFERÊNCIA TÉCNICA-CONTÁBIL

Entende-se, pois, neste trabalho, por inferência técnica-contábil o conjunto das alterações de dados técnicos contabilizados nas estatísticas oficiais, resultado de fatores aplicados ao dado inicial, dentro de critérios pré-estabelecidos, de modo que se obtenha resultados mais representativos sobre determinada grandeza. Esse método se caracteriza por uma regra de três simples, em que um dado maior é multiplicado a um fator pré-determinado de modo a se obter um resultado mais próximo a uma realidade almejada. Um paralelo a isso é o que alguns estudos apresentados na Revisão Bibliográfica, Capítulo 2, mostram, como as simulações de cenários (ZHOU *et al.*, 2013; SHABBIR & AHMAD, 2010), que consistem em, a partir de uma fonte de dados conhecida, utilizar um fator pré-determinado, seja quanto ao aumento do consumo, quanto ao resultado presumido de uma política pública, ou mesmo quanto à alteração de comportamento dos habitantes (variáveis independentes) resultará na variável inicial, (variável dependente). Esses estudos trataram, contudo, de estimar situações futuras. Aqui, no entanto, serão estimativas de consumo urbano, a partir de um dado de abrangência maior, regional ou estadual. Uma característica importante deste método é que produzirá dados quantitativos, dados materiais, que são mais fáceis de serem confrontados ou mesmo utilizados.

A partir dos dados levantados através do Quadro 5 foi feita a interpolação do consumo energético em função da população urbana (definida sob os critérios oficiais de cada país), assumindo-se que o consumo de energia, ou mesmo por energético seja diretamente proporcional ao percentual de população. No caso de Bordeaux, a produção agrícola é significativa, até porque a região é um polo de vinícolas, mas a maior densidade e consumo se encontrarão nas áreas consideradas urbanas. Para Curitiba, com efeito, a população urbana

certamente é a que mais gasta energia, já que as atividades rurais são bem pouco significativas em termos absolutos no que diz respeito ao consumo de energia, à geração de riquezas, ou mesmo em relação ao número de habitantes. Já para Cincinnati, a mais espalhada das três cidades, a existência de indústrias em locais não urbanos ou não relacionados à densidade pode criar situações em que o consumo seja *per capita* maior numa zona tida como rural. Em todas as situações há essa falha de constructo pois o consumo *per capita* não será necessariamente igual numa zona urbana ou rural, nem mesmo é possível afirmar que será maior na urbana, pois em função de características únicas, pode ser, eventualmente, maior numa rural.

Schmid *et al.* (2012) empreenderam um estudo sobre modelagem energética para a cidade de Curitiba, para o ano de 2010. Esse trabalho é a origem do modelo de inferência que será aqui utilizado. Para todos os energéticos, com exceção do gás natural, foi utilizada a proporcionalidade de população urbana para se chegar ao consumo dos energéticos que podem ser utilizados num contexto urbano, excluídos os que não têm uso constante na cidade: “lenha e carvão vegetal, querosene, coque de petróleo e gás de refinaria, bagaço de cana, resíduos de madeira, xisto e carvão mineral”.

Num compêndio sobre a relação Produto Interno Bruto (PIB) com o consumo de energia, Lee e Chang (2007) analisam estudos desde o final da década de 1970. Como os autores citam, há entendimentos diferenciados entre a relação PIB e consumo de energia, quando tratada a escala nacional. Foi, concluído, no entanto, que quando consideradas as crises econômicas e energéticas nos períodos analisados, existe uma relação estreita entre o consumo de energia *per capita* e o PIB *per capita*. Neste trabalho será utilizado o valor adicionado fiscal (VAF) – índice que igualmente mede a geração de riqueza numa atividade, mas com diferenças de cálculo e de conceito em relação ao PIB – para a correlação entre consumo de energia e a área urbana para o gás natural na cidade de Curitiba, presumindo-se que na área urbana existe maior geração de riqueza, e, por consequência, maior consumo de energia. Essa presunção, contudo, redundaria numa possível falha de constructo, que será melhor apresentada na Seção 5.1. Esse critério foi aqui utilizado para o gás natural por ser seu consumo mais restrito às áreas urbanas em Curitiba, e porque para essa cidade os dados obtidos foram mais próximos à escala do estudo. Na modelagem aqui proposta, a princípio, será utilizada a proporcionalidade de população urbana para as inferências em todos os outros casos.

3.11 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS

Robson (2011) sugere que a análise de dados quantitativos, situação deste estudo, deve se manter simples, sendo estatísticas descritivas, tabelas, e quadros normalmente tudo do que se precisa. Deve-se priorizar o pensamento e o raciocínio.

Como são três casos, num estudo descritivo, serão apresentados os dados de cada cidade, numa relação consumo de energia *per capita* tanto na área urbana como no transporte, e incluídas características urbanas, de acordo com resultados apresentados pelo Programa *Ignis Mutat Res*. Serão realizadas comparações de caráter qualitativo também com os dados apresentados por Le Néchet (2012), conforme apresentado no Capítulo 2, a título informativo.

4 MATRIZES ENERGÉTICAS

4.1 CIDADE

As definições de cidade remetem ao início da civilização, quiçá, a partir do momento em que após a fixação do homem pela agricultura seguiu-se a criação de núcleos populacionais que demandaram a prestação de serviços e o escambo, o que, conceitualmente sugere condições para se caracterizar uma cidade: a fixação de um núcleo populacional, ou seja, mais de uma família, e a existência de trocas, seja pelo escambo, comércio, prestação de serviços, a divisão da produção, o exercício do poder (ASCHER, 2010). É onde, de fato, ocorre a urbanidade, no sentido de civilidade ou de acesso à cultura, serviços.

Várias são as reflexões sobre a questão do que é a cidade, utilizando para tal inúmeros critérios, pautados, principalmente, na segurança que a coletividade, o agrupamento, a cidade-fortificada, enquanto ente coletivo traz para cada ser, individualmente, frente às hostilidades do mundo, dos inimigos, das pestes. Enfim, a série de benefícios que a vida social traz se materializa na *urbe*, e mesmo no mundo contemporâneo, tais características seguem perenes. De maneira peculiar, mesmo o acesso à energia, que como outros insumos normalmente não é produzido na cidade, faz parte dessa segurança, dos atributos que dão à cidade o caráter de fortaleza, em última análise, de lar. Isso porque a energia, da mesma forma, é componente indissociável da segurança humana: na fogueira, na iluminação, no aquecimento, no transporte. A sensação de lar, que mesmo um estrangeiro tem quando retorna à sua terra, na verdade é palpável, também, na escala urbana, isto é, quando retorna à sua cidade. Isso porque é na escala urbana que os sentimentos e a percepção humana têm o retrato material do lugar – não há meios humanos, sentidos humanos, de se perceber um país, na escala do país, pois o ser-humano permanece com a mesma escala corpórea, com os mesmos sentidos. Como bem discorre Zumthor (2006), a atmosfera do lugar, o conjunto de percepções que o ser-humano tem se dá pelo conjunto de detalhes perceptíveis, pela pregnância do perceptível, que faz com que todos os sentidos humanos possam perceber algo, de modo que se lhe façam sentir vivo. É, em certa medida, *l'espace vécu* de Bollnow (2008), que se apresenta como a experiência espacial do ser humano, que, numa visão mais ampla e remetendo ao significado que se eleva no ser humano, pode da mesma forma ser traduzida na escala da cidade.

Não se quer entrar aqui num embate entre urbano e rural, nem mesmo menosprezar ou supervalorizar um em detrimento de outro, quer-se, sim, afirmar que alguém que tenha referências da natureza, por ser de ambiente não urbano, com efeito, tem memórias ou experiências com o lugar em que vive, igualmente; outrossim, jamais terá a riqueza de

memórias que um cidadão tem no que concerne a experiências de natureza antrópica, já que o habitante rural, tem, em essência, um caráter de sobrevivência, ao passo que o urbano tem uma profusão maior de experiências e de informações no que se refere aos fundamentos sensoriais da psíquica (SIMMEL, 1979). Assim, é ao cidadão que caberá um enredo maior de lembranças, riquezas, ou mesmo experiências sobre um lugar, refere-se aqui, como dito, as de natureza antrópica. A maior quantidade delas.

Além dessa significância do espaço vivido para o ser-humano, retornando agora aos primórdios das características urbanas, o lugar, não há dúvidas quanto onde a cidade se localiza; há, pelo contrário, dúvidas acerca do seu limite geográfico. Se na antiguidade, em alguns exemplos, o limite da cidade foi a muralha, o rio, as valetas, um escudo que lhe dava segurança, há exemplos mesmo antigos de cidades que não tinham um limite físico rígido, coeso, definido. Sempre houve, como hoje é bem característico, cidades que vão se desvanecendo nos seus limites, diminuindo o grau de urbanização (a saber, como é comum entre estudiosos, entende-se aqui por grau de urbanização a densidade populacional por unidade de área (US CENSUS, 2013) e a maior quantidade de serviços prestados, acessíveis, disponíveis para esses habitantes. Alguns entendem até mesmo relações de distância para isso, como o Insee, que estipula uma distância máxima de 200m entre edificações), até o ponto de não ser mais considerada cidade. Ocorre, contudo, que após a revolução industrial, com os adventos energéticos do carvão, da eletricidade e do petróleo, e, por conseguinte, de mobilidade (trens, automóveis, ...), os limites geográficos da cidade se relativizaram ainda mais, sendo que, com efeito, o desenvolvimento dos meios de transporte e de armazenamento esteve correlacionado ao crescimento das cidades (ASCHER, 2010). A vivência urbana, pois, restringindo-se ao dia a dia de trabalho, para que se evite ainda maiores extrapolações (a exemplo do que os estudos têm realizado quanto a mobilidade, considerando sobretudo o trajeto casa-trabalho, ou o movimento pendular, em inglês é utilizado o verbo *to commute*, da mesma maneira para designar o deslocamento diário, para as atividades corriqueiras) é hoje o principal foco de estudo sobre a questão urbana, e, aqui, sobre a Cidade & Energia. Ainda que se mantenha o foco no movimento pendular e nas relações econômicas diárias como um limite de uma cidade, os problemas dessa questão se mantêm. A verdade é que a evolução dos meios de transporte permitiu ainda maiores relativizações, ao ponto em que hoje há, por exemplo, no Brasil, pessoas que residem no entorno do Distrito Federal, a saber, fora dele, e se deslocam diariamente para o Plano Piloto de Brasília para o trabalho, percorrendo distâncias maiores que 50km, o que, da mesma maneira, é bem comum nos Estados Unidos. Mais além, há, na Europa, pessoas que residem na França e que diariamente se deslocam para o Reino Unido para trabalhar, seja de

avião ou de trem, bem como o fazem em relação a outros países (BBC, 2013 e BBC, 2014). Dessa forma, a discussão sobre os limites da cidade permanece em aberto e cada abordagem terá que utilizar critérios próprios para suas considerações.

Como já apresentando, Seção 3.3, para as delimitações deste trabalho foram utilizados dados a partir das fontes oficiais, que, no que diz respeito ao limite das cidades, pautaram-se sobre a menor escala que faz distinção entre urbano e rural, em cada um dos três países em estudo. Mesmo os critérios políticos-administrativos do que é cidade ou urbano, são relativos, tendo maior ou menor precisão.

4.1.1 França

Na França a divisão administrativa mínima é a *commune*. Cada *commune* ou conjunto delas tem *l'unité urbaine*, que comporta em seu território uma área urbanizada de ao menos 2000 habitantes onde nenhuma habitação dista da mais próxima em mais de 200 metros. E, ademais, cada *commune* possui mais da metade de sua população nesta área urbanizada para ser considerada urbana (INSEE, 2013). Dessa forma, uma *commune* só pode ser inteiramente urbana ou rural. Não há a classificação para população urbana e rural dentro de uma mesma *commune*. Ou seja, haverá populações com características urbanas, quanto à densidade, agrupamento ou acesso a serviços, que vivam em áreas urbanas mas que não serão consideradas como tal. Haverá, ainda, populações rurais dentro de uma *commune*, minorias, que serão consideradas como urbanas, se estiverem numa *commune* majoritariamente urbana.

4.1.2 Estados Unidos

Já no caso norte-americano a área urbana é definida por critérios determinados pelo *US Census*, que são revistos a cada censo, a cada decênio. No Censo 2010 foi considerada área urbana, a saber, levantadas a partir da base e dados de fotos aéreas daquele ano, as áreas com impermeabilizações contendo mais de 50.000 habitantes (áreas urbanas), e as aglomerações urbanas, as com mais de 2.500 habitantes e menos de 50.000. Há, no caso do Censo norte-americano uma série de critérios como áreas alagadas, aeroportos, distância máxima entre uma área de outra (2,5 milhas no máximo), dentre outros para definir os limites da área urbana. Nos Estados Unidos a menor divisão administrativa é a municipalidade, mas somente na divisão imediatamente superior, o *county*, é que estão disponíveis os dados de população urbana e rural. De qualquer maneira, os critérios são arbitrados, e, por isso, revisados a cada censo. Lá, os maiores problemas são sobretudo em relação aos limites decorrentes da

cidade econômica, isto é, das pessoas que se deslocam diariamente por motivos de trabalho ou de serviços, pois como o país dispõe de boa infraestrutura, considerar somente a população residente num recorte urbano, seja qual for, terá consideráveis discrepâncias quanto à mobilidade e ao consumo de energia.

4.1.3 Brasil

No caso do Brasil, por sua vez, as áreas urbanas são assim definidas por lei, e, da mesma forma, as estatísticas oficiais nessas definições se pautam. Ou seja, uma população que viva numa área definida como urbana nem sempre tem uma vida urbana efetiva, podendo até mesmo ser rural, bem como aglomerações urbanas clandestinas localizadas em áreas legalmente definidas como rurais, não serão consideradas urbanas. Assim, os dados de população urbana obviamente não trazem consigo uma informação verdadeira sobre o que é cidade ou sobre população urbana.

É interessante observar que mesmo quando se dispõe de dados consolidados, sobre uma mesma base, com informações de satélites de densidade e de atributos urbanos, como as que Le Néchet (2012) utilizou, a tarefa de delimitação da área urbana resta difícil (UITP, 2006), devido às diferenças de conceito ou mesmo às diferenças de delimitações geográficas entre todos os entes envolvidos.

Dentre as três definições aqui apresentadas, as utilizadas nos três países, a americana parece ser a mais próxima de uma delimitação efetiva do que é o urbano. De qualquer maneira, como as cidades americanas são mais espalhadas que as demais, a urbanização poderia se estender a um ponto infinito, por não haver interrupções. Tanto é que o próprio *US Census*, define um limitador entre áreas maiores de um milhão de habitantes. Cabe ressaltar, ainda, que a base cartográfica georreferenciada dos norte-americanos é a mais refinada, o que permite melhores conceitos, mais matemáticos e bem definidos, balizados por critérios físicos ou matemáticos.

Diante do exposto, para este trabalho, da mesma forma, a questão do limite da cidade é crucial, pois as relações entre Cidade & Energia dependem absolutamente da delimitação, do recorte geográfico definido. Para efeito deste trabalho, considerando o exposto e os dados disponíveis, a opção para tratar da cidade foi considerar a população definida como urbana que viva em codependência do município sede, ou seja, a conurbação em si, a metrópole, tendo por delimitação geográfica um cinturão urbano arbitrado pelo autor, aos moldes do apresentado no NUC da RMC (COMEC, 2006), de modo a se caracterizar a área sobremaneira

urbana em termos de densidade populacional, de acesso a serviços e de vida econômica diária, a despeito das falhas de constructo e de conceito já listadas. Entende-se, pois, que dessa maneira se terá um recorte mais aproximado e factível da metrópole, de modo que se possa fazer melhores análises sobre a temática Cidade & Energia nas três cidades em tela.

4.2 AS CIDADES DE BORDEAUX, CINCINNATI E CURITIBA

4.2.1 Bordeaux

Situada no sudoeste da França

Figura 14), próxima à costa do Atlântico, tem uma população de cerca de 240 mil habitantes, sendo que a região metropolitana ultrapassa 1,1 milhão. Cortada pelo Rio Garonne, é também um porto marítimo. É uma cidade europeia antiga, cujas primeiras ocupações remontam a um período anterior a era cristã. A metrópole de Bordeaux é a quinta maior da França, sendo capital da Região de Aquitaine e do Departamento da Gironde. Ressalta-se que a divisão administrativa francesa se dá em Região, Departamento e *Commune*.

Figura 14 – Mapa da França com destaque à Cidade de Bordeaux



Fonte: (INSEE, 2012), adaptado

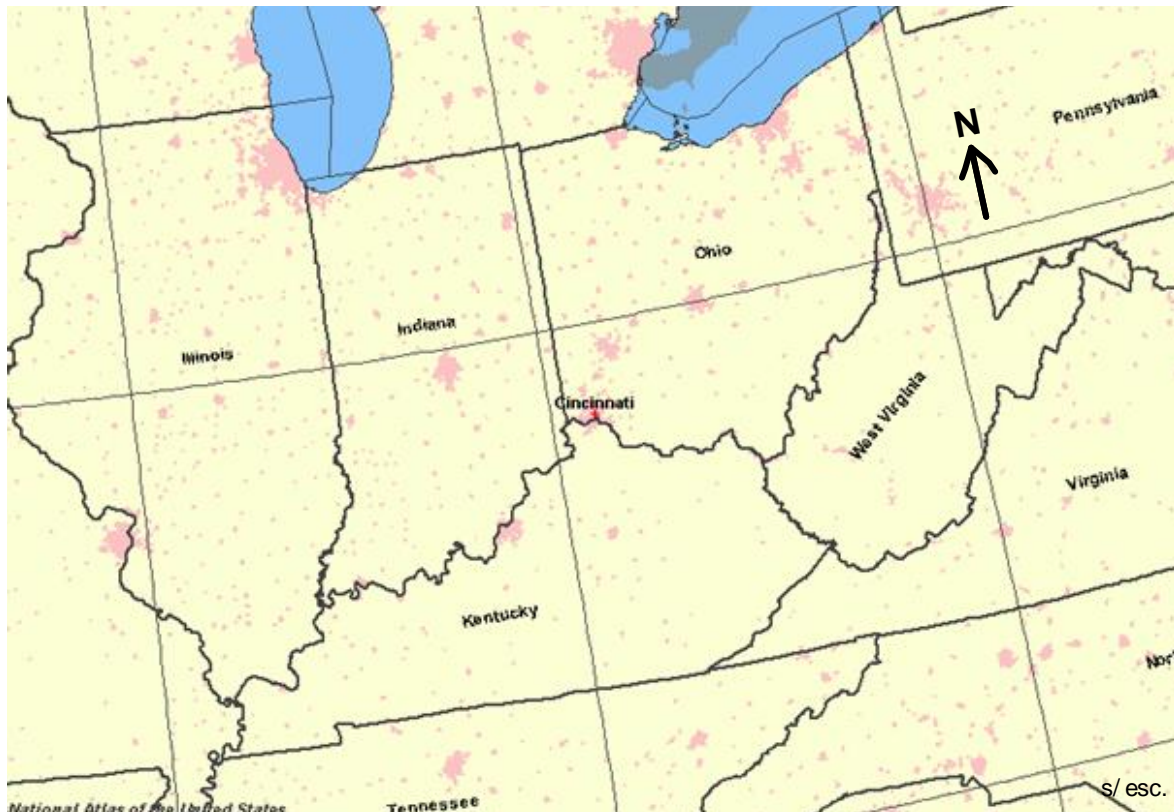
Importante produtora de vinhos, o Departamento da Gironde tem em Bordeaux a cidade que divulga sua produção e qualidade por todo o mundo. Destaca-se, ainda, a indústria automobilística, e, mais recentemente, a indústria de tecnologia, aeronáutica e de defesa, ficando, na França, a respeito destas, somente atrás de Toulouse. Há ainda outras atividades industriais relevantes na metrópole. A cidade conta também com serviços que ocupam a maior parte da população ativa, e tem no turismo importante atividade econômica.

4.2.2 Cincinnati

Localizada no Estado de Ohio, na Região Centro Norte dos Estados Unidos, (Figura 15 – com indicação das áreas urbanizadas), a cidade de Cincinnati fica no extremo sul do estado, na divisa com Kentucky e com Indiana. Fundada em 1788, a cidade, não considerando a região metropolitana, possui cerca de 300 mil habitantes, sendo a terceira maior

cidade de Ohio, contando, contudo, sua região metropolitana, com mais de 2 milhões de habitantes, a maior de Ohio. A cidade é sede de algumas importantes companhias nos Estados Unidos, como, Kroger, Procter & Gamble, Macy's Inc., Ashland Inc., Fifth Third Bancorp, Omnicare, General Cable Corp., AK Steel, Western & Southern Financial Group e American Financial Group. Possui, igualmente, economia bastante diversificada.

Figura 15 – Mapa dos Estados de Ohio, Kentucky e Indiana, com destaque à Cidade de Cincinnati



Fonte: (NATIONAL ATLAS OF THE UNITED STATES, 2013)

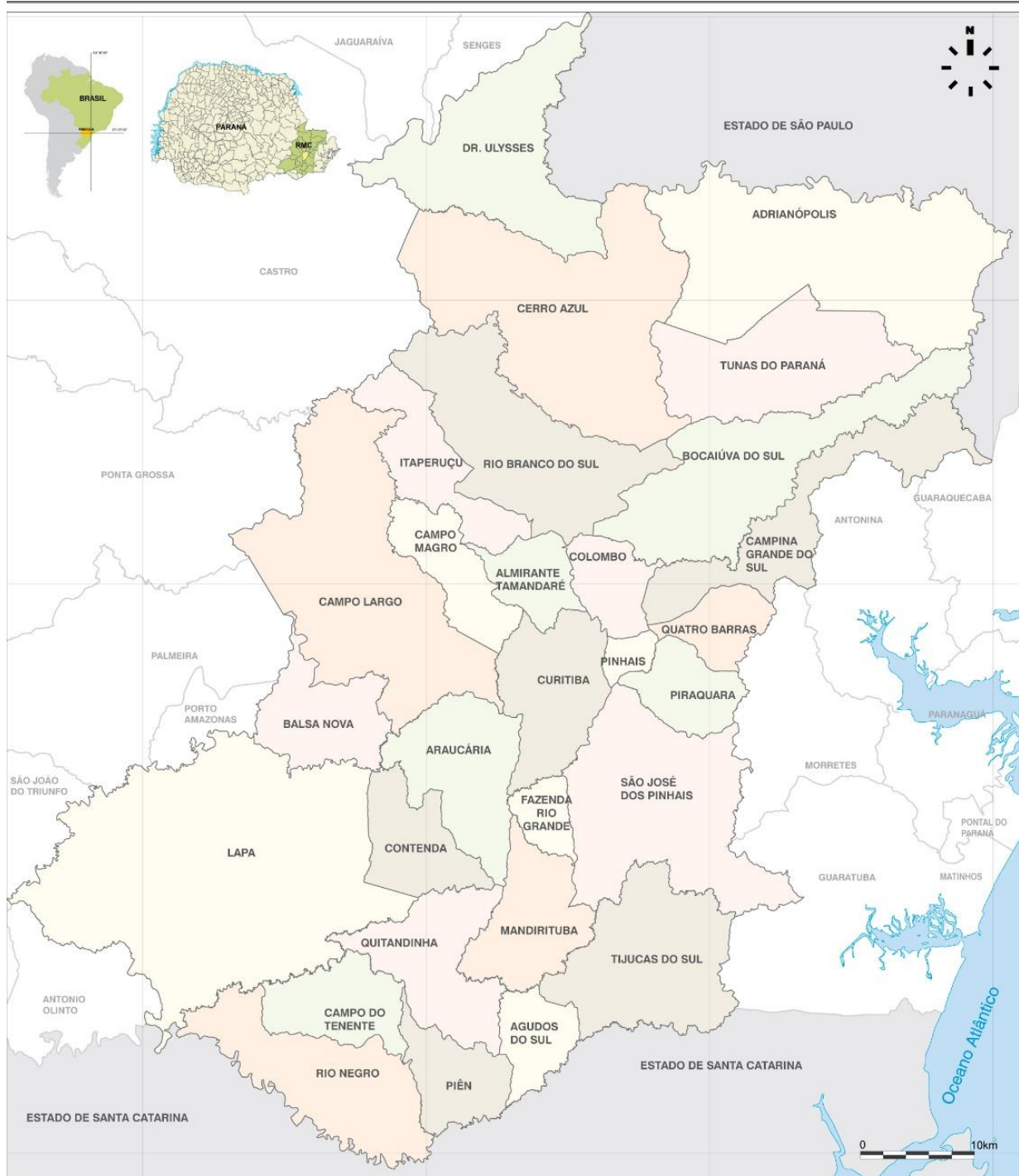
4.2.3 Curitiba

A Cidade de Curitiba, localizada no sul do Brasil, é a capital do Estado do Paraná (Figura 16). Quarta cidade com maior PIB do país, foi fundada no final do século XVII, mas teve seu crescimento mais acentuado somente nos séculos XX e XXI. É um importante entroncamento nacional e principal estadual, no caminho entre o litoral do Paraná e o interior.

A Cidade possui cerca de 1,8 milhão de habitantes, e sua região metropolitana mais de 3 milhões. Com atividade econômica diversificada, dispõe de várias indústrias, sendo

a automobilística o segundo polo do país. O setor terciário, da mesma forma, é o maior empregador.

Figura 16 – Mapa da Região Metropolitana de Curitiba



Fonte: (COMEC, 2012)

A título de comparar parte das características das três cidades, a Figura 17 apresenta a mancha urbana de cada cidade, todas na mesma escala, com destaque da área urbana

considerada neste trabalho. Fica demonstrado o maior espriamento de Cincinnati, e a alta densidade do NUC, sobretudo em relação ao total de habitantes.

Figura 17 – Mancha urbana das cidades 2014



1. Fotos aéreas das três cidades na mesma escala, em ordem: Bordeaux, Cincinnati e Curitiba, destacando a mancha urbana que as três metrópoles imprimem sobre o território.
2. As delimitações em vermelho são, respectivamente: a área limite das *communes* da CUB; a delimitação estimada da área conurbada de OKI; e, a delimitação estimada da área conurbada do NUC.

Fonte: (GOOGLE, 2014), (CUB, 2013), (US Census, 2013), (OKI, 2004) e (COMEC, 2006), adaptado

4.3 DADOS LEVANTADOS

Apresentadas as três metrópoles, seguem aqui os dados coletados para a elaboração das matrizes energéticas parciais.

Considerando que os dados existentes são diferentes para cada cidade e em cada país, foram utilizados os dados mais atuais disponíveis, que foram os anos de 2010 e de 2011, devido ao fato de os balanços energéticos publicados somente terem informações até esses anos.

Para a área conurbada de Bordeaux, foram levantados dados populacionais do *Institut national de la statistique et des études économiques* (Insee), sendo considerada a população de cada *commune* integrante da CUB, cujos dados estão apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Dados populacionais das *communes* da *Communauté Urbaine de Bordeaux* (CUB), 2011

	População
COMMUNES	
AMBARÈS ET LAGRAVE	13270
AMBÈS	2894
ARTIGUES-PRÈS-BORDEAUX	7245
BASSENS	6899
BÈGLES	24913
BLANQUEFORT	14779
BORDEAUX	239157
BOULIAC	3106
CARBON-BLANC	6885
EYSINES	19571
BRUGES	14903
GRADIGNAN	23063
CENON	22242
FLOIRAC	16202
LE BOUSCAT	23095
LE TAILLAN-MÉDOC	9099
MARTIGNAS-SUR-JALLE	7227
PAREMPUYRE	7978
SAINT-AUBIN-DE-MÉDOC	6186
SAINT-MÉDARD-EN-JALLES	27719
TALENCE	40600
LE HAILLAN	8933
LORMONT	19799
MÉRIGNAC	66142
PESSAC	58025
SAINT-LOUIS-DE-MONTFERRAND	2034
SAINT-VINCENT-DE-PAUL	1050
VILLENAVE-D'ORNON	28420
	721436

Fonte: Insee (2013), adaptado

Os dados de consumo de energia mais próximos da escala metropolitana disponíveis são do *Bilan énergétique de la région Aquitaine*, ano base 2010 (ORECCA, 2012), para a região administrativa de Aquitaine, que compreende os departamentos da Dordogne, Landes, Lot-et-Garonne, Pyrénées-Atlantiques e Gironde, conforme Quadro 7. Neste fica situada a cidade de Bordeaux.

Quadro 7 – Consumo de energia de Aquitaine, 2010 (ktep)

	CARVÃO	PRODUTOS PETROLÍFEROS	GÁS NATURAL	OUTROS COMBUST. NÃO RENOVÁVEIS	ELETRICIDADE	ENERGIA RENOVÁVEL	AQUECIMENTO URBANO E VAPOR	TOTAL
RESIDENCIAL	0	756	667	0	781	443	12	2659
TERCIÁRIO	0	324	339	0	584	4	8	1260
TRANSPORTES	0	2457	0	0	16	164	0	2637
INDUSTRIAL	37	140	360	5	444	563	207	1757
AGRICULTURA	0	178	15	0	34	0	0	226
Total	37	3855	1381	5	1859	1174	227	8539

Fonte: (ORECCA, 2012), adaptado

Para a área conurbada de Cincinnati foram considerados os dados disponíveis no *United States Census Bureau*, relativos à população. A divisão administrativa mais próxima da urbana, e que faz distinção entre a população urbana e rural é o *county*. Assim, foram coletados os dados populacionais dos *counties* que compõem a região metropolitana de Cincinnati, estando esses em três estados: Ohio, Kentucky e Indiana, sendo conhecida a região como OKI quando se trata das relações urbanas da metrópole (Quadro 8).

Quadro 8 – Dados populacionais dos *counties* da Região Metropolitana de Cincinnati (OKI), (2010)

County	POPULAÇÃO	URB (2010)	POP. URBANA
BUTLER, OH	368130	90,66%	333736
CLERMONT, OH	197363	77,28%	152529
HAMILTON, OH	802374	97,77%	784466
WARREN, OH	212693	82,73%	175969
BOONE, KY	118811	86,73%	103042
CAMPBELL, KY	90336	84,70%	76518
KENTON, KY	159720	93,02%	148578
DEARBORN, IN	50047	46,94%	23493
			1798331

Fonte: (US CENSUS, 2013), adaptado

Da mesma forma, em relação ao consumo de energia, foram coletados os dados disponíveis para os estados de que fazem parte os *counties* que compõem a região metropolitana de Cincinnati. Os dados fornecidos pela *US Energy Information Administration* (EIA) são em trilhões de BTU. Como fator de conversão para tep foi utilizado o parâmetro de 1 milhão de BTU = 0,251995796 tep (IEA, 2013). Dessa forma, foram obtidos os dados de consumo de energia estimados para os três estados norte-americanos, Quadros 9 e 10.

Quadro 9 – Consumo de energia de Ohio, Kentucky e Indiana, 2011, por energético (ktep)

ESTADO	CARVÃO	GÁS NATURAL	GASOLINA	ÓLEO COMBUSTÍVEL QUEROSENE DE AVIAÇÃO	LPG	ÓLEO COMBUSTÍVEL PETRÓLEO (OUTROS)	ENERGIA NUCLEAR	HIDROELECTRICIDADE	BIOMASSA	OUTRAS RENOVÁVEIS	FLUXO DE ELETRICIDADE	TOTAL		
OHIO	30809	21309	14467	7588	1908	796	78	4332	3926	93	2875	154	8142	96477
KENTUCKY	25467	5761	6315	4571	1419	844	0	2371	0	728	1285	73	-655	48179
INDIANA	33601	16007	8812	5685	1290	660	40	2769	0	101	2709	927	-282	72320
216975940														

Fonte: (EIA, 2011), adaptado

Quadro 10 – Consumo de energia de Ohio, Kentucky e Indiana, 2011, por setor (ktep)

ESTADO	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	TRANSPORTE	TOTAL
OHIO	23622,09	17929,50	30995,48	23904,32	96451,39
KENTUCKY	9621,20	6383,05	20268,02	11894,20	48166,48
INDIANA	14028,61	9497,72	33112,25	15666,58	72305,15

Fonte: (EIA, 2011), adaptado

Para o caso do NUC da RMC, primeiramente foram coletados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (BRASIL, 2010 e 2011) e do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, IPARDES (IPARDES, 2011), dos municípios que constituem a área de recorte, o NUC da RMC. Os dados selecionados formaram o Quadro 11.

Quadro 11 – Dados socioeconômicos dos Municípios do NUC

IBGE | IPARDES

MUNICÍPIO	Pop est (2011)	URB (2010)	VAF - TOTAL (2011)	VAF - PRIMÁRIO (2011)	VAF - SECUNDÁRIO (2011)	VAF-SERVIÇOS (2011)	REND. MÉDIO (2010)
ALM. TAMANDARÉ	104350	95,82%	481.823.745,00	3.045.104,00	328.474.618,00	150.165.621,00	1.084,47
ARAUCÁRIA	121032	92,51%	15.301.946.451,00	67.373.472,00	12.557.015.891,00	2.672.993.758,00	2.101,72
CAMPINA GRANDE SUL	39092	82,44%	477.653.228,00	2.077.414,00	209.348.475,00	266.194.555,00	1.239,41
CAMPO LARGO	113882	83,80%	1.469.865.328,00	21.479.831,00	1.049.357.425,00	398.765.299,00	1.206,02
CAMPO MAGRO	25184	78,68%	104.388.945,00	4.673.378,00	63.450.901,00	33.223.824,00	1.455,82
COLOMBO	215242	95,42%	1.625.105.951,00	26.389.477,00	799.833.190,00	796.662.491,00	1.152,05
CURITIBA	1764541	100,00%	36.231.679.312,00	50.419.821,00	14.973.950.724,00	21.193.261.010,00	1.976,23
FAZENDA RIO GRANDE	83118	92,96%	409.164.787,00	6.610.262,00	258.416.194,00	144.004.331,00	1.072,61
ITAPERUÇU	24236	82,54%	168.318.163,00	1.066.08,00*	97.192.979,00	71.223.879,00	923,09
PINHAIS	118334	100,00%	2.634.427.882,00	7.410.592,00	1.151.264.371,00	1.474.665.705,00	1.351,25
PIRAQUARA	94518	49,07%	281.225.462,00	451.866,00	165.567.136,00	114.778.482,00	1.079,27
QUATRO BARRAS	20135	90,38%	588.270.567,00	1.659.371,00	486.115.118,00	100.493.396,00	1.540,82
RIO BRANCO SUL	30751	71,92%	886.976.484,00	9.895.279,00	749.191.841,00	127.457.732,00	1.212,06
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	268808	89,66%	17.198.997.138,00	75.739.807,00	13.124.745.603,00	3.992.627.193,00	1.706,18

*Considerado o VAF Primário de 2010 pois para 2011 houve uma contabilização negativa: -R\$210.882,00 (IPARDES, 2013)

Fonte: (IBGE, 2010 e 2011) e (IPARDES, 2011), adaptado

Em visita à COPEL, à Coordenadora do Balanço Energético do Estado do Paraná, Sra. Rosicler do Rocio Brustolin, foi apresentado o projeto de pesquisa, nível mestrado, de se fazer a matriz energética da área conurbada da Grande Curitiba. Ela explicou que o último Balanço publicado era o de 2011 (Ano base 2010), e que dispunha de alguns dados do Balanço 2012 (Ano base 2011), ainda que não estivessem sido formatados. Ela então, gentilmente cedeu os dados dos municípios que integram o NUC da RMC. Os dados fornecidos, por energéticos, após tabulação foram os seguintes, Quadro 12.

Quadro 12 – Consumo cativo de energia elétrica (MWh) dos municípios que compõem o NUC da RMC, 2011

MUNICÍPIO	RESIDENCIAL	INDUSTRIAL	COMERCIAL	RURAL	PODER PÚBLICO	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	SERVIÇO PÚBLICO	PRÓPRIO	TOTAL
ALM. TAMANDARÉ	53079	44878	13333	3514	2030	4265	5152	19	126270
ARAUCÁRIA	73649	443528	55479	8623	6429	11828	2534	102	602172
CAMPINA GRANDE SUL	23204	34446	14451	3519	1388	2944	817	2	80771
CAMPO LARGO	66344	141067	32361	6330	4212	11744	4751	100	266909
CAMPO MAGRO	12097	4498	2855	3623	826	1251	558	0	25708
COLOMBO	126430	122384	49754	7421	4648	10962	8327	99	330025
CURITIBA	1567804	1097907	1367632	1157	146159	115142	108311	11260	4415372
FAZENDA RIO GRANDE	45840	51612	14438	1864	2560	4455	1937	30	122736
ITAPERUÇU	8990	9963	2962	1149	327	1147	931	0	25469
PINHAIS	87148	111145	46091	100	6816	12862	30967	102	295231
PIRAQUARA	40887	15817	9857	2640	8642	3078	1835	8	82764
QUATRO BARRAS	12632	62764	5518	1144	837	2806	1749	65	87515
RIO BRANCO SUL	12251	11733	5023	2416	1322	2256	2317	9	37327
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	166848	595917	127825	17827	9102	16413	15785	193	949910

Fonte: (COPEL, 2013), adaptado

Ainda em relação a Curitiba, quanto ao consumo de gás natural, só houve dados disponíveis referentes ao ano de 2010, os quais foram repassados pela COMPAGÁS *apud* SCHMID *et al.* (2012), referente ao Município de Curitiba, equivalente a 133176090 m³ em todo o ano 2010.

Quanto aos energéticos derivados do petróleo, a Agência Nacional de Petróleo fornece anualmente os balanços dos revendedores sobre os produtos comercializados. Esses dados são fornecidos à COPEL para a confecção do Balanço do Estado do Paraná, e, aqui, foram cedidos, conforme o Quadro 13.

Quadro 13 – Consumo de derivados de petróleo nos municípios do NUC, 2011

	ÓLEO DIESEL	GASOLINA	ÓLEO COMBUSTÍVEL	GLP	ETANOL	QUEROSENE DE AVIAÇÃO
UNIDADE	LITRO	LITRO	QUILO	QUILO	LITRO	LITRO
MUNICÍPIO						
ALM. TAMANDARÉ	1,43E+07	6,16E+06	6,18E+05	2,87E+06	2,20E+06	0,00E+00
ARAUCÁRIA	5,49E+07	2,69E+07	2,03E+07	1,17E+07	8,83E+06	1,05E+06
CAMPINA GRANDE SUL	1,26E+08	1,42E+07	9,32E+04	1,46E+06	4,17E+06	0,00E+00
CAMPO LARGO	5,13E+07	2,72E+07	1,94E+06	5,77E+06	7,93E+06	0,00E+00
CAMPO MAGRO	1,07E+06	1,21E+06	0,00E+00	2,90E+05	2,90E+05	0,00E+00
COLOMBO	1,39E+08	4,05E+07	2,89E+04	1,06E+07	1,09E+07	0,00E+00
CURITIBA	4,35E+08	6,42E+08	1,17E+06	9,05E+07	1,99E+08	1,17E+06
FAZENDA RIO GRANDE	3,36E+07	1,24E+07	0,00E+00	3,18E+06	3,74E+06	0,00E+00
ITAPERUÇU	2,43E+06	2,84E+06	4,07E+04	0,00E+00	8,30E+04	0,00E+00
PINHAIS	1,93E+07	3,89E+07	0,00E+00	1,16E+07	1,26E+07	0,00E+00
PIRAQUARA	4,62E+06	4,51E+06	0,00E+00	2,96E+06	1,40E+06	0,00E+00
QUATRO BARRAS	1,69E+07	5,99E+06	6,05E+05	2,24E+06	2,00E+06	0,00E+00
RIO BRANCO SUL	1,15E+07	3,67E+06	3,77E+05	2,47E+06	1,30E+06	0,00E+00
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	2,40E+08	8,11E+07	5,07E+05	2,15E+07	2,46E+07	1,42E+08

Fonte: ANP *apud* COPEL (2013), adaptado

Quanto aos energéticos que podem ser utilizados para transporte, esses foram os dados obtidos para o ano de 2011 (exceto gás natural, 2010), para os municípios do NUC da RMC.

Ao contrário dos Balanços existentes para a Região da Aquitaine ou dos estados de Ohio, Kentucky e Indiana, os dados disponíveis para a Região de Curitiba não foram consolidados quanto ao consumo por setor da economia. Abordagem esta importante que esteve nos Balanços do Estado do Paraná anteriormente divulgados, mas que ainda não foi publicada após 2010.

4.4 LEVANTAMENTO DE DADOS NO ÂMBITO DO PROJETO *IGNIS MUTAT RES*

Dentro do Projeto *Ignis Mutat Res* os dados obtidos, apresentados no Relatório Final (BRAUP, 2013), foram os apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 – Características de Bordeaux, Cincinnati e Curitiba no âmbito do Projeto *Ignis Mutat Res*

	CUB	OKI	NUC	
Dados gerais				
População (hab)	0 721 744	1 744 122	2 993 678	
Superfície (km²)	579	6713	1449	
Densidade Populacional (hab/km²)	1247	260	2066	
PIB metropolitano (euros/hab)	26710	39673	15280	
Mobilidade e divisão dos modais				
MOBILIDADE	Número médio de deslocamentos / dia	3,67	7,44	4,94
	Número médio de deslocamentos motorizados e mecanizados / dia	3,11	6,17	1,33
	Distância média dos deslocamentos em veículos motorizados (km)	6,4	11,1	8,2
	Distância média dos deslocamentos em transporte coletivo (km)	6,7	12,7	9,4
	Duração média dos deslocamentos motorizados privados (min)	16,1	13,3	25,4
	Duração média dos deslocamentos em transporte coletivo (min)	34,7	20,5	50,9
	Percentual que se utiliza da caminhada e da bicicleta (%)	28	6	30
	Percentual que se utiliza dos meios privados motorizados (%)	59	93	23
	Percentual que se utiliza dos transportes públicos (%)	11	1	47
	Velocidade média nas vias (km/h)	26,6	50,2	25,5
	Velocidade média do transporte coletivo (km/h)	12,5	37,2	23,0
	Taxa de mortalidade por acidente nas vias (mortes/100 000 hab/ano)	2,21	5,15	4,71
TRANSPORTES PÚBLICOS	Extensão das vias exclusivas para transporte coletivo (km)	44	0	1741
	Extensão das linhas exclusivas de transporte coletivo / 1000 hab.	0,06	0	0,58
	Extensão das linhas exclusivas de transporte coletivo/ha urbanizado	0,0017	0	0,0028
	Frota de ônibus	392	344	1925
	Sendo ônibus híbridos	30	27	60
	Frota de tramway (trens)	74	-	-
	Bicicletas compartilhadas	1545	-	-
	Estacionamentos de conexão (park and ride)	22	43	-
	Total de veículos de transporte coletivo / 1000 hab (incluindo bicicletas compartilhadas)	2,786	0,197	0,643
	Total de veículos de transporte coletivo / 1000 hab (exceto bicicletas compartilhadas)	0,646	0,197	0,643
	Ônibus / 1000 hab	0,543	0,197	0,643
	Trens (tramway) / 1000 hab	0,103	-	-
	Km tramway / hab	0,0609	-	-
	park and ride / 1000 habitants	0,0305	0,0247	-
MOBILIDADE PRIVADA	Carros particulares / 1000 hab	531	801	588
	Distância média percorrida em carros particulares (km)	5,7	10,5	7,2
	Distância média percorrida em carros como passageiro (km)	4,5	10,6	4,1
	Taxa média de ocupação de carro particular	1,36	1,17	2,35
ASPECTOS FINANCEIROS DO TRANSPORTE PÚBLICO	Orçamento	163,3M €	\$90M	R\$74M
	Receitas (bilhetes)	55,8M €	\$30M	R\$68M
	Taxa de cobertura	34,10%	33,30%	91,90%
	Custo das medidas incentivadoras e da solidariedade social (estimado)	30,6M €	sem dados	14,17% da receita
	Viagens / ano	117M	16,15M	302,4M
	Preço do bilhete	1,40 €	US\$1,75	R\$ 2,70

Fonte: (BRAUP, 2013)

Nos dados gerais produzidos pelo Programa *Ignis Mutat Res* pode-se observar a maior população e densidade do NUC, ao passo que a maior extensão e PIB *per capita* é de OKI. Nos dados produzidos sobre mobilidade a grande quantidade de deslocamentos e a distância média percorrida pelos moradores de OKI estão diretamente ligados ao taxa de utilização de meios privados motorizados (93%), o que, ainda assim, em função da infraestrutura urbana disponível não implica em maior duração média nos deslocamentos. Em Bordeaux chama a atenção a baixa velocidade média do transporte coletivo (12,5km/h) e a baixa taxa de mortalidade, 2,21/ 100 000 hab. / ano.

O NUC possui a maior extensão de vias exclusivas para transporte coletivo, bem como a maior relação por 1000 habitantes. OKI possui a maior taxa de motorização e, também, a maior média de distância percorrida em carros particulares.

Por fim, o NUC dispõe da maior taxa de cobertura (91,90%) para o transporte público e a maior quantidade de viagens por ano. Os dados, de modo geral, retratam a difusão do transporte coletivo em Curitiba, frente aos seus pares, ainda que a duração média dos deslocamentos seja a maior dentre elas (50,9 min.) na capital paranaense.

4.5 FATORES DE CONVERSÃO

A questão das conversões entre unidades pode, num primeiro momento, parecer simples, mas em função das diferenças de cada país, essa matéria vem a se transformar num dos principais problemas quando da comparação de balanços já consolidados, porque nesse processo, há os métodos de cada um dos envolvidos, resultando em diferenças que são, por vezes, difíceis de mensurar ou de corrigir. Aqui serão expostas algumas das relações utilizadas, dentro de cada contexto.

Quanto aos combustíveis, no caso de Curitiba, foram utilizados os fatores de conversão para tep, constantes nos BEN's 2009 e 2011, isso devido ao fato de ser o BEN 2009 o último balanço a apresentar as densidades médias dos combustíveis utilizados no Brasil, e o BEN 2011 disponibilizar a conversão baseada no poder calorífico inferior (*net*, em inglês) dos combustíveis, para conversão para tep.

O Quadro 15 apresenta os fatores por conseguinte utilizados, a partir da unidade do levantamento da ANP e da COMPAGÁS.

Quadro 15 – Fatores de conversão dos energéticos para tep

	ÓLEO DIESEL	GASOLINA	ÓLEO COMBUSTÍVEL	GLP	ETANOL	GN	ELETRICIDADE	QUEROSENE DE AVIAÇÃO
UNIDADE	LITRO	LITRO	QUILO	QUILO	LITRO	m ³	MWh	LITRO
fator convers. TEP	8,480E-04	7,700E-04	9,590E-04	1,111E-03	5,340E-04	8,800E-04	8,600E-02	8,220E-04

Fonte: (EPE, 2009) e (EPE, 2013b), adaptado.

No caso das fontes de Bordeaux e de Cincinnati, não se teve acesso às taxas de densidade médias ou mínimas ou ao Poder Calorífico médio para cada energético, e, por essa razão, houve a necessidade de se escolher as matrizes já elaboradas em tep, no caso francês e em BTU, no norte-americano, que foram compiladas sob os critérios de cada país. Ressalte-se, aqui, uma falha de constructo, pois mesmo os dados disponíveis não foram elaborados todos sob os mesmos critérios, como, por exemplo, a utilização no Brasil e na França do poder calorífico inferior ou mínimo (PCI) – sobretudo para os produtos derivados de petróleo –, ou seja, é considerado como poder calorífico a energia total de determinada quantidade de combustível descontado o valor de água que é supostamente condensado e o calor recuperado de um determinado combustível, ao passo que nos Estados Unidos é utilizado o poder calorífico superior (PCS), que não faz esse desconto. Essa diferença pode ser de até 10% no caso dos combustíveis petrolíferos e de até 40% na lenha (EIA, 2011).

Além disso, a valoração do poder calorífico inferior ou superior é feita anualmente baseada na característica de cada combustível produzida, de modo que há diferenças ano a ano. Sobre essa questão, o poder calorífico dos combustíveis em cada região do planeta, há comentários pormenorizados sobre vários países no relatório *World Energy Balances Documentation for beyond 2020 files* (IEA, 2013b), com explicações sobre as médias de cada energético a base do petróleo e seus poderes caloríficos médios ano a ano.

Em relação às conversões utilizadas, como os balanços nos Estados Unidos são em BTU, foi utilizada a equivalência de 1 milhão de BTU = 0,0251995796 tep (IEA, 2013 e EIA, 2013). Em relação à equivalência kWh para tep, no caso da conversão de eletricidade, o *Bilan énergétique de la région Aquitaine* informa a relação de 1 tep = 11630 kWh = 42 GJ (ORECCA, 2012), ou 1GWh = 85,845 tep, o mesmo indicado pela IEA. Nos Estados Unidos, os balanços dos estados apresentam o consumo por fonte de energia primária, ou seja, o energético original, como por exemplo, numa usina termoeletrica a carvão o consumo é computado como sendo de carvão, e se utiliza o poder calorífico médio do carvão naquele ano

como energia consumida, em BTU por unidade de volume, para a consolidação do consumo num estado; ainda que, na verdade, aquela energia tenha sido convertida em eletricidade (fonte secundária), para depois ser consumida. Dessa forma, o consumo energético é apresentado em maiores detalhes, e a matriz energética mais fidedigna. No balanço da Aquitaine, por outro lado, o consumo é apresentado por fontes de energia secundária, aquelas efetivamente consumidas, de modo que não ficam expostas nas matrizes se foi energia nuclear, termoeleétrica ou hidroelétrica a que gerou a eletricidade consumida, por exemplo.

Nas escalas nacionais, entretanto, há um refinamento e zelo maior quanto à confecção desses dados, em todos os países, sendo apresentadas as matrizes por fontes de energia primárias e energias efetivamente consumidas, secundárias.

4.6 CONSTRUÇÃO DA MATRIZ PARCIAL DE BORDEAUX

Dispondo dos dados apresentados, foram realizadas as inferências técnico-contábeis baseadas principalmente no número de habitantes em área urbana, mas também em função do Valor Adicionado Fiscal, de modo a se obter as matrizes energéticas parciais para as áreas urbanas das três cidades.

Para a área conurbada de Bordeaux, a partir dos dados disponíveis sobre o consumo de energia apresentados na Seção 4.1, para o departamento da Aquitaine, foram considerados somente os combustíveis utilizados em transporte, pois este é o enfoque da construção de matrizes parciais. Foram feitas interpolações baseadas nas populações do departamento e das *communes*, chegando-se à matriz parcial da *Communauté Urbaine de Bordeaux*. Considerando-se que a delimitação aqui é sobre a área urbana, e que no *Bilan énergétique de la région Aquitaine* constam os consumos em energia pela atividade de agricultura, esta foi retirada para a elaboração das matrizes de Bordeaux. As Tabelas 10 e 11 apresentam, respectivamente, a matriz energética de Bordeaux, por setor da economia, e a matriz energética de Bordeaux, por energético.

Tabela 10 – Matriz energética da *Communauté Urbaine de Bordeaux*, por setor, 2010 (tep)

	RESIDENCIAL	TERCIÁRIO	TRANSPORTE	INDUSTRIAL		TOTAL
COMMUNES						
AMBARÈS ET LAGRAVE	10734,69	5086,77	10645,87	7093,21	1,84%	33560,54
AMBÈS	2341,08	1109,35	2321,72	1546,93	0,40%	7319,08
ARTIGUES-PRÈS-BORDEAUX	5860,80	2777,21	5812,31	3872,67	1,00%	18323,00
BASSENS	5580,91	2644,58	5534,73	3687,72	0,96%	17447,94
BÈGLES	20153,23	9549,86	19986,49	13316,75	3,45%	63006,32
BLANQUEFORT	11955,39	5665,21	11856,47	7899,82	2,05%	37376,89
BORDEAUX	193464,70	91675,64	191864,01	127836,58	33,15%	604840,93
BOULIAC	2512,58	1190,62	2491,79	1660,25	0,43%	7855,24
CARBON-BLANC	5569,58	2639,22	5523,50	3680,24	0,95%	17412,54
EYSINES	15831,85	7502,12	15700,86	10461,29	2,71%	49496,11
BRUGES	12055,70	5712,74	11955,95	7966,10	2,07%	37690,49
GRADIGNAN	18656,68	8840,70	18502,32	12327,86	3,20%	58327,57
CENON	17992,54	8525,99	17843,67	11889,02	3,08%	56251,22
FLOIRAC	13106,52	6210,68	12998,08	8660,45	2,25%	40975,73
LE BOUSCAT	18682,57	8852,97	18527,99	12344,97	3,20%	58408,50
LE TAILLAN-MÉDOC	7360,58	3487,90	7299,68	4863,69	1,26%	23011,86
MARTIGNAS-SUR-JALLE	5846,24	2770,31	5797,87	3863,05	1,00%	18277,47
PAREMPUYRE	6453,76	3058,19	6400,36	4264,48	1,11%	20176,79
SAINT-AUBIN-DE-MÉDOC	5004,13	2371,27	4962,73	3306,60	0,86%	15644,73
SAINT-MÉDARD-EN-JALLES	22423,13	10625,48	22237,60	14816,64	3,84%	70102,84
TALENCE	32843,14	15563,13	32571,40	21701,92	5,63%	102679,59
LE HAILLAN	7226,30	3424,27	7166,51	4774,96	1,24%	22592,04
LORMONT	16016,29	7589,52	15883,77	10583,16	2,74%	50072,74
MÉRIGNAC	53505,20	25354,10	53062,51	35354,88	9,17%	167276,68
PESSAC	46938,99	22242,62	46550,63	31016,10	8,04%	146748,35
SAINT-LOUIS-DE-MONTFERRAND	1645,39	779,69	1631,78	1087,23	0,28%	5144,10
SAINT-VINCENT-DE-PAUL	849,39	402,49	842,36	561,26	0,15%	2655,51
VILLENAVE-D'ORNON	22990,20	10894,19	22799,98	15191,34	3,94%	71875,71
	31,99%	15,16%	31,72%	21,14%		
	583601,56	276546,81	578772,96	385629,16		1824550,49

Fonte: Autor

Tabela 11 – Matriz energética da *Communauté Urbaine de Bordeaux*, por energético, 2010 (tep)

	CARVÃO	PRODUTOS PETROLÍFEROS	GÁS NATURAL	OUTROS COMBUST. NÃO RENOVÁVEIS	ELETRICIDADE	ENERGIA RENOVÁVEL	AQUECIMENTO URBANO E VAPOR		TOTAL
COMMUNES									
AMBARÈS ET LAGRAVE	149,37	14844,48	5514,70	20,19	7367,74	4739,57	916,43	1,84%	33552,47
AMBÈS	32,58	3237,37	1202,68	4,40	1606,80	1033,63	199,86	0,40%	7317,32
ARTIGUES-PRÈS-BORDEAUX	81,55	8104,61	3010,85	11,02	4022,55	2587,66	500,34	1,00%	18318,59
BASSENS	77,66	7717,56	2867,06	10,49	3830,45	2464,08	476,44	0,96%	17443,74
BÈGLES	280,43	27868,91	10353,26	37,90	13832,13	8898,04	1720,49	3,45%	62991,16
BLANQUEFORT	166,36	16532,52	6141,81	22,48	8205,56	5278,54	1020,64	2,05%	37367,89
BORDEAUX	2692,06	267532,79	99388,03	363,79	132784,16	85418,41	16516,17	33,15%	604695,41
BOULIAC	34,96	3474,52	1290,78	4,72	1724,51	1109,35	214,50	0,43%	7853,35
CARBON-BLANC	77,50	7701,90	2861,24	10,47	3822,67	2459,08	475,48	0,95%	17408,35
EYSINES	220,30	21893,08	8133,25	29,77	10866,16	6990,07	1351,57	2,71%	49484,20
BRUGES	167,76	16671,23	6193,34	22,67	8274,41	5322,82	1029,20	2,07%	37681,42
GRADIGNAN	259,61	25799,41	9584,44	35,08	12804,98	8237,29	1592,73	3,20%	58313,54
CENON	250,37	24881,00	9243,25	33,83	12349,15	7944,05	1536,03	3,08%	56237,68
FLOIRAC	182,38	18124,35	6733,17	24,65	8995,63	5786,78	1118,91	2,25%	40965,87
LE BOUSCAT	259,97	25835,20	9597,74	35,13	12822,75	8248,72	1594,94	3,20%	58394,45
LE TAILLAN-MÉDOC	102,42	10178,59	3781,33	13,84	5051,92	3249,84	628,38	1,26%	23006,32
MARTIGNAS-SUR-JALLE	81,35	8084,48	3003,37	10,99	4012,56	2581,23	499,10	1,00%	18273,07
PAREMPUYRE	89,80	8924,58	3315,47	12,14	4429,53	2849,46	550,96	1,11%	20171,94
SAINT-AUBIN-DE-MÉDOC	69,63	6919,96	2570,76	9,41	3434,58	2209,42	427,20	0,86%	15640,96
SAINT-MÉDARD-EN-JALLES	312,02	31007,84	11519,37	42,16	15390,07	9900,25	1914,27	3,84%	70085,98
TALENCE	457,01	45417,16	16872,41	61,76	22541,83	14500,88	2803,83	5,63%	102654,88
LE HAILLAN	100,55	9992,89	3712,34	13,59	4959,76	3190,55	616,91	1,24%	22586,60
LORMONT	222,87	22148,14	8228,00	30,12	10992,75	7071,50	1367,32	2,74%	50060,69
MÉRIGNAC	744,53	73989,70	27487,06	100,61	36723,20	23623,58	4567,76	9,17%	167236,44
PESSAC	653,16	64909,62	24113,83	88,26	32216,50	20724,48	4007,20	8,04%	146713,04
SAINT-LOUIS-DE-MONTFERRAND	22,90	2275,33	845,28	3,09	1129,31	726,47	140,47	0,28%	5142,86
SAINT-VINCENT-DE-PAUL	11,82	1174,58	436,36	1,60	582,98	375,02	72,51	0,15%	2654,87
VILLENAVE-D'ORNON	319,91	31792,01	11810,68	43,23	15779,28	10150,62	1962,68	3,94%	71858,42
	0,45%	44,24%	16,44%	0,06%	21,96%	14,13%	2,73%		
	8120,82	807033,82	299811,86	1097,41	400553,91	257671,39	49822,32		1824111,53

Fonte: Autor

A partir da compilação das matrizes energéticas totais de Bordeaux para a área urbana, foi elaborada a matriz parcial para o setor de transporte, isolando-se os dados a ele relativos. Como no *Bilan Énergetique de L'Aquitaine* já constavam o total por setor, inclusive transporte, e a quantidade gasta em cada energético, obteve-se a Tabela 12.

**Tabela 12 – Matriz energética parcial para transportes da
Communauté Urbaine de Bordeaux, por energético, 2010 (tep)**

	PRODUTOS PETROLÍFEROS	ELETRICIDADE	ENERGIA RENOVÁVEL		TOTAL
COMMUNES					
AMBARÈS ET LAGRAVE	9919,19	64,59	662,09	0,58%	10645,87
AMBÈS	2163,24	14,09	144,39	0,13%	2321,72
ARTIGUES-PRÈS-BORDEAUX	5415,57	35,27	361,48	0,32%	5812,31
BASSENS	5156,93	33,58	344,22	0,30%	5534,73
BÈGLES	18622,22	121,27	1243,00	1,10%	19986,49
BLANQUEFORT	11047,16	71,94	737,38	0,65%	11856,47
BORDEAUX	178767,49	1164,14	11932,38	10,52%	191864,01
BOULIAC	2321,70	15,12	154,97	0,14%	2491,79
CARBON-BLANC	5146,47	33,51	343,52	0,30%	5523,50
EYSINES	14629,13	95,26	976,47	0,86%	15700,86
BRUGES	11139,85	72,54	743,56	0,66%	11955,95
GRADIGNAN	17239,36	112,26	1150,69	1,01%	18502,32
CENON	16625,68	108,27	1109,73	0,98%	17843,67
FLOIRAC	12110,83	78,87	808,37	0,71%	12998,08
LE BOUSCAT	17263,28	112,42	1152,29	1,02%	18527,99
LE TAILLAN-MÉDOC	6801,41	44,29	453,98	0,40%	7299,68
MARTIGNAS-SUR-JALLE	5402,11	35,18	360,58	0,32%	5797,87
PAREMPUYRE	5963,48	38,83	398,05	0,35%	6400,36
SAINT-AUBIN-DE-MÉDOC	4623,97	30,11	308,64	0,27%	4962,73
SAINT-MÉDARD-EN-JALLES	20719,68	134,93	1383,00	1,22%	22237,60
TALENCE	30348,10	197,63	2025,68	1,79%	32571,40
LE HAILLAN	6677,33	43,48	445,70	0,39%	7166,51
LORMONT	14799,56	96,37	987,84	0,87%	15883,77
MÉRIGNAC	49440,49	321,96	3300,06	2,91%	53062,51
PESSAC	43373,11	282,45	2895,07	2,55%	46550,63
SAINT-LOUIS-DE-MONTFERRAND	1520,39	9,90	101,48	0,09%	1631,78
SAINT-VINCENT-DE-PAUL	784,86	5,11	52,39	0,05%	842,36
VILLENAVE-D'ORNON	21243,67	138,34	1417,97	1,25%	22799,98
	93,17%	0,61%	6,22%		
	539266,28	3511,71	35994,98		578772,96

Fonte: Autor

4.7 CONSTRUÇÃO DA MATRIZ PARCIAL DE CINCINNATI

Para a área conurbada de Cincinnati, área urbana de OKI, a partir dos dados disponíveis para os estados de Ohio, Kentucky e Indiana foram feitas interpolações baseadas na população de cada *county*, assim chegando-se às matrizes urbanas, por setor e por energético, Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 – Matriz energética da conurbação de OKI (Grande Cincinnati), por setor, 2011 (tep)

	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	TRANSPORTE	TOTAL	
COUNTY						
BUTLER, OH	683356,11	518677,05	896658,86	691520,81	17,44%	2790212,83
CLERMONT, OH	312317,59	237053,52	409804,39	316049,14	7,97%	1275224,65
HAMILTON, OH	1606268,53	1219180,77	2107649,12	1625460,13	40,99%	6558558,55
WARREN, OH	360313,21	273482,88	472781,37	364618,22	9,20%	1471195,68
BOONE, KY	228463,65	151571,09	481281,60	282438,04	7,15%	1143754,39
CAMPBELL, KY	169654,92	112555,24	357395,10	209735,78	5,31%	849341,03
KENTON, KY	329425,60	218552,92	693968,07	407252,18	10,31%	1649198,78
DEARBORN, IN	50830,37	34413,45	119976,83	56765,29	1,64%	261985,94
	23,38%	17,28%	34,62%	24,71%		
	3740629,98	2765486,92	5539515,35	3953839,59		15999471,84

Fonte: Autor

Tabela 14 – Matriz energética da conurbação de OKI (Grande Cincinnati), por energético, 2011 (tep)

COUNTY	CARVÃO	GÁS NATURAL	GASOLINA	ÓLEO COMBUSTÍVEL	DESTILADO	QUEROSENE DE AVIAÇÃO	LPG	ÓLEO COMBUSTÍVEL PESADO	PETRÓLEO (OUTROS)	ENERGIA NUCLEAR	HIDROELETRICIDADE	BIOMASSA	OUTRAS RENOVÁVEIS	FLUXO DE ELETRICIDADE	TOTAL
BUTLER, OH	891264	616435	418514	219499	55185	23036	2260	125314	113577	2697	83178	4447	235537	17,44%	2790942
CLERMONT, OH	407339	281732	191275	100319	25221	10528	1033	57273	51909	1233	38015	2032	107649	7,97%	1275558
HAMILTON, OH	2094969	1448966	983741	515946	129715	54148	5312	294557	266969	6340	195514	10453	553643	40,99%	6560272
WARREN, OH	469937	325028	220670	115735	29097	12146	1192	66074	59886	1422	43857	2345	124192	9,20%	1471580
BOONE, KY	604729	136791	149955	108547	33689	20046	0	56308	0	17293	30518	1735	-15558	7,15%	1144054
CAMPBELL, KY	449066	101580	111355	80606	25017	14886	0	41814	0	12842	22662	1289	-11553	5,31%	849563
KENTON, KY	871968	197241	216223	156516	48577	28905	0	81192	0	24936	44004	2502	-22433	10,31%	1649630
DEARBORN, IN	121748	57998	31930	20599	4675	2392	146	10035	0	365	9815	3360	-1023	1,64%	262041
	36,94%	19,78%	14,52%	8,23%	2,19%	1,04%	0,06%	4,58%	3,08%	0,42%	2,92%	0,18%	6,06%		
	5911020	3165770	2323664	1317767	351176	166087	9942	732565	492340	67128	467564	28163	970453		16003639

Fonte: Autor

Para a elaboração da matriz energética parcial para transporte foi considerado o total utilizado em transportes para a área conurbada, conforme Tabela 10, e os energéticos mais utilizados para esse fim: gasolina, óleo combustível destilado e querosene de aviação, já que a cidade não dispõe de sistemas de trens elétricos e a frota de carros elétricos ainda é irrelevante. Foi ainda necessário corrigir o total, pois considerando os combustíveis acima listados a somatória de 4020769,41tep, divergindo do total em transporte de 3953839,59tep. A diferença foi descontada proporcionalmente do óleo combustível destilado, por não haver aí melhor definição de quais combustíveis estão incluídos, dessa forma corrigindo a soma para o mesmo valor do total em transporte. Assim, chegou-se à matriz energética parcial da conurbação de OKI (Tabela 15).

Tabela 15 – Matriz energética parcial para transportes da conurbação de OKI (Grande Cincinnati), por energético, 2011 (tep)

	GASOLINA	ÓLEO COMBUSTÍVEL DESTILADO	QUEROSENE DE AVIAÇÃO	OUTRAS RENOVÁVEIS	TOTAL	
COUNTY						
BUTLER, OH	418513,70	208350,74	55184,61	4446,84	17,36%	686495,90
CLERMONT, OH	191275,37	95223,56	25221,29	2032,36	7,94%	313752,58
HAMILTON, OH	983740,94	489740,60	129714,67	10452,57	40,81%	1613648,78
WARREN, OH	220669,74	109857,11	29097,19	2344,69	9,15%	361968,73
BOONE, KY	149955,45	103034,02	33689,11	1735,32	7,29%	288413,90
CAMPBELL, KY	111355,48	76512,07	25017,21	1288,63	5,42%	214173,39
KENTON, KY	216223,30	148566,49	48576,90	2502,19	10,52%	415868,88
DEARBORN, IN	31929,91	19552,54	4674,90	3360,08	1,51%	59517,43
	58,77%	31,64%	8,88%	0,71%		
	2323663,89	1250837,13	351175,89	28162,68		3953839,59

Fonte: Autor

4.8 CONSTRUÇÃO DA MATRIZ PARCIAL DE CURITIBA

Para o NUC da Região Metropolitana de Curitiba, a partir dos dados levantados, foram feitas as inferências baseadas primeiro na proporção de população urbana sobre o total, assumindo-se um consumo proporcional em relação ao total, para todos os energéticos, com

exceção do gás natural. Para este, foi feita a extrapolação dos dados de consumo no Município de Curitiba para os demais municípios que fazem parte do NUC, através da proporção em Valor Adicionado Fiscal (VAF), considerando apenas os setores secundário e terciário, de modo a reduzir a participação de atividades rurais (área não pertencente à conurbação). Esse método foi utilizado no mesmo estudo de Schmid *et al.* (2012).

Conforme informado anteriormente, ainda não houve para o ano de 2011, a consolidação dos dados por setor da economia. Dessa forma a única matriz gerada para o NUC foi a de energéticos, conforme apresentado na tabela 16.

Tabela 16 – Matriz Energética do Núcleo Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba, 2011 (tep)

MUNICÍPIO	ÓLEO DIESEL	GASOLINA	ÓLEO COMBUSTÍVEL	GLP	ETANOL	GÁS NATURAL	ELETRICIDADE	QUEROSENE DE AVIAÇÃO		
ALM. TAMANDARÉ	11648,77	4543,09	568,33	3050,02	1123,13	1493,36	10405,30	0,00	1,24%	32832,02
ARAUCÁRIA	43065,53	19196,29	18051,45	12038,00	4361,41	45788,44	47907,96	801,12	7,21%	191210,20
CAMPINA GRANDE SUL	88238,94	8995,26	73,69	1339,87	1837,08	1273,71	5726,53	0,00	4,06%	107485,09
CAMPO LARGO	36470,65	17556,23	1561,26	5370,23	3550,77	3984,21	19235,60	0,00	3,31%	87728,95
CAMPO MAGRO	716,91	735,12	0,00	253,27	121,84	265,67	1739,53	0,00	0,14%	3832,34
COLOMBO	112324,01	29757,90	26,44	11219,30	5576,36	5015,82	27082,25	0,00	7,21%	191002,07
CURITIBA	368702,16	494518,49	1121,04	100487,44	106323,99	117194,96	379721,99	958,93	59,20%	1569029,00
FAZENDA RIO GRANDE	26455,06	8876,61	0,00	3285,40	1858,45	1230,31	9812,20	0,00	1,94%	51518,03
ITAPERUÇU	1703,30	1802,44	32,18	0,00	36,58	449,38	1807,90	0,00	0,22%	5831,80
PINHAIS	16355,10	29956,27	0,00	12838,94	6706,36	8521,32	25389,87	0,00	3,76%	99767,86
PIRAQUARA	1923,90	1704,24	0,00	1612,95	365,67	446,37	3492,66	0,00	0,36%	9545,78
QUATRO BARRAS	7017,51	2264,20	284,93	1223,54	524,07	933,71	3693,15	0,00	0,60%	15941,11
RIO BRANCO SUL	4803,41	1385,72	177,58	1346,29	339,33	1407,82	1575,21	0,00	0,42%	11035,37
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	99956,69	30651,81	238,75	11715,23	6447,51	27298,55	40086,39	57181,46	10,32%	273576,40
	30,92%	24,60%	0,84%	6,26%	5,25%	8,12%	21,80%	2,22%		
	819381,95	651943,69	22135,66	165780,48	139172,56	215303,63	577676,54	58941,50		2650336,02

Fonte: Autor

Para a elaboração da matriz energética por setores (Tabela 17), foram utilizados os percentuais dos setores que Schmid *et al.* (2012) utilizaram, a partir dos dados do balanço energético do Estado do Paraná para 2010, pois, lembrando, até a elaboração deste trabalho não havia sido consolidado o balanço para 2011.

Tabela 17 – Matriz energética urbana do NUC da RMC, por setores, 2011 (tep)

MUNICÍPIO	ENERGÉTICO	RESIDENCIAL	INDUSRIAL	COMERCIAL	TRANSPORTES	PÚBLICO	TOTAL
ALM. TAMANDARÉ	49,57	12855,12	18551,53	7819,65	50817,39	2156,29	3,48% 92249,54
ARAUCÁRIA	55,51	14395,16	20773,99	8756,44	56905,28	2414,61	3,90% 103300,99
CAMPINA GRANDE SUL	15,98	4143,37	5979,39	2520,37	16379,08	695,00	1,12% 29733,19
CAMPO LARGO	47,31	12269,49	17706,39	7463,42	48502,35	2058,06	3,32% 88047,03
CAMPO MAGRO	9,82	2547,51	3676,38	1549,63	10070,54	427,31	0,69% 18281,20
COLOMBO	101,82	26405,48	38106,36	16062,20	104383,09	4429,20	7,15% 189488,14
CURITIBA	874,78	226860,73	327388,02	137997,22	896799,70	38053,12	61,43% 1627973,57
FAZENDA RIO GRANDE	38,31	9933,88	14335,81	6042,68	39269,46	1666,29	2,69% 71286,42
ITAPERUÇU	9,92	2571,89	3711,56	1564,46	10166,91	431,40	0,70% 18456,15
PINHAIS	58,66	15213,78	21955,36	9254,40	60141,36	2551,93	4,12% 109175,49
PIRAQUARA	22,99	5962,91	8605,21	3627,18	23571,88	1000,21	1,61% 42790,38
QUATRO BARRAS	9,02	2339,65	3376,41	1423,19	9248,85	392,45	0,63% 16789,57
RIO BRANCO SUL	10,96	2843,39	4103,36	1729,61	11240,16	476,94	0,77% 20404,43
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	119,48	30986,21	44716,93	18848,62	122491,13	5197,56	8,39% 222359,93
	0,05%	13,94%	20,11%	8,48%	55,09%	2,34%	
	1424,15	369328,57	532986,70	224659,06	1459987,18	61950,36	2650336,02

Fonte: Autor

Para a construção da matriz energética parcial de transportes do NUC (Tabela 18) foram selecionados somente os energéticos que são utilizados em transporte na realidade de Curitiba: óleo Diesel, gasolina, etanol, gás natural e querosene de aviação. Presumiu-se, aqui, que esses, exceto o gás natural e o óleo diesel, tiveram seu consumo destinado totalmente ao transporte, e, para o gás natural foi considerada a proporção média do estado do Paraná para o ano de 2011, a saber, 9,46 do total consumido em gás natural foram destinados ao transporte % (COMPAGAS, 2014). Assim, foi utilizada essa mesma proporção para esse energético. Para o consumo de diesel, por seu turno, segundo Schmid *et al.* (2012), houve um percentual de 84,80 de utilização deste energético para transporte, sendo que o mesmo foi presumido aqui, de modo a aproximar da realidade. Nota-se que, de qualquer maneira, aqui, a diferença entre o total gasto

em transporte no presumido a partir da proporção, Tabela 18, e o resultado a que se chegou mesmo com as considerações exibidas acima. Isso se deve, possivelmente, a um aumento no percentual gasto em transporte entre 2009 e 2011, o que significaria um total de 59,06% da matriz urbana utilizado em transporte, frente os 55,09% apresentados para 2009.

Tabela 18 – Matriz energética parcial de transportes do NUC da RMC, 2011 (tep)

MUNICÍPIO	ÓLEO DIESEL	GASOLINA	ETANOL	GÁS NATURAL	QUEROSENE DE AVIAÇÃO		
ALM. TAMANDARÉ	9877,62	4543,09	1123,13	141,27	0,00	1,00%	15685,11
ARAUCÁRIA	36517,56	19196,29	4361,41	4331,58	801,12	4,17%	65207,95
CAMPINA GRANDE SUL	74822,49	8995,26	1837,08	120,49	0,00	5,48%	85775,33
CAMPO LARGO	30925,40	17556,23	3550,77	376,91	0,00	3,35%	52409,31
CAMPO MAGRO	607,91	735,12	121,84	25,13	0,00	0,10%	1490,01
COLOMBO	95245,51	29757,90	5576,36	474,50	0,00	8,37%	131054,26
CURITIBA	312642,18	494518,49	106323,99	11086,62	958,93	59,13%	925530,21
FAZENDA RIO GRANDE	22432,65	8876,61	1858,45	116,39	0,00	2,13%	33284,09
ITAPERUÇU	1444,32	1802,44	36,58	42,51	0,00	0,21%	3325,86
PINHAIS	13868,36	29956,27	6706,36	806,11	0,00	3,28%	51337,11
PIRAQUARA	1631,38	1704,24	365,67	42,23	0,00	0,24%	3743,52
QUATRO BARRAS	5950,52	2264,20	524,07	88,33	0,00	0,56%	8827,11
RIO BRANCO SUL	4073,06	1385,72	339,33	133,18	0,00	0,38%	5931,30
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	84758,60	30651,81	6447,51	2582,44	57181,46	11,60%	181621,82
	44,39%	41,65%	8,89%	1,30%	3,77%		
	694797,56	651943,69	139172,56	20367,68	58941,50		1565222,99

Fonte: Autor

5 ANÁLISE DOS DADOS

5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Como este trabalho partiu dos balanços energéticos analisados, muitas das falhas de constructo são inerentes ao próprio inventário, em questões do cômputo do total consumido. Por exemplo, os balanços no Brasil quanto à venda dos produtos petrolíferos consideram a venda de cada energético em determinada região, presumindo que ali se deu o consumo. Ocorre, no entanto, que quando um caminhão, trem ou avião abastece em determinado local, não necessariamente consumirá aquele combustível nos limites do recorte geográfico presumido (região, estado ou país), sendo que, na realidade, o consumo naquela região não foi o total estipulado. No que diz respeito ao consumo de eletricidade, não há esse erro, uma vez que, normalmente, a medição se dá no local onde houve o consumo.

Cabe citar que no caso dos balanços energéticos dos estados norte-americanos o etanol não está separado dos demais energéticos, e, sim, computado juntamente com o óleo combustível, o que causa distorções sobre uma fonte renovável importante.

O poder calorífico superior ou inferior é um outro fator que desencadeia divergências entre os dados. A diferença entre os dois é o total de energia que é consumida para vaporizar a água que é criada durante a combustão (EIA, 2011). Nos Estados Unidos é utilizado o Poder Calorífico Superior (PCS), que considera a energia total, ao passo que na Europa é utilizado o Poder Calorífico Inferior (PCI). Dessa forma, já há outra falha na comparação entre os balanços dos diferentes países.

Outra inconsistência diz respeito à abordagem dos balanços energéticos. Os dados aqui considerados dos balanços dos Estados Unidos são sobre as fontes primárias de energia, bem como, no balanço do Paraná e suas menores partes. Os dados utilizados para a França dizem respeito às fontes secundárias, ou seja, aquelas que foram efetivamente consumidas, dando, dessa forma, maior peso para a eletricidade. Mesmo nos casos norte-americanos, são considerados os fluxos interestaduais de energia elétrica, o que, por sua vez, também pode ser uma fonte secundária. Para uma maior fidedignidade da abordagem aqui proposta, seria pertinente se partir de matrizes de fontes de energia primárias, para que fossem evidenciados quais energéticos são os mais utilizados, e, numa segunda abordagem, matrizes de fontes secundárias, de modo a se saber quais são as fontes efetivamente utilizadas pela população.

Como o método de inferência técnica-contábil utilizou a abordagem *top-down*, há o problema da escala. No caso do Paraná, em função da proximidade com a produtora do balanço energético, houve o recorte geográfico mais aproximado possível da metrópole. Por outro lado, em relação à metrópole de Cincinnati, que fica justamente na junção de três estados norte-americanos, não houve um recorte pormenorizado, ou seja, os dados foram colhidos a partir da escala estadual de Ohio, Kentucky e Indiana. Dessa forma, as falhas da abordagem *top-down* se tornam mais fortes pois importantes consumidores dentro do estado não se encontram na metrópole de Cincinnati, já que há outras grandes cidades como Columbus com 770mil; Cleveland com 430mil e Toledo com 315mil.

Com o objetivo de melhor apresentar as dificuldades encontradas na elaboração de matriz energética para áreas conurbadas foi elaborado o Quadro 16, no intuito de melhor exibir tais barreiras e orientar novas pesquisas e novas elaborações de matrizes para mais cidades utilizando a estratégia *top-down*.

Quadro 16 – Dificuldades/problemas na elaboração e matrizes energéticas parciais urbanas

	CIDADE	ENERGIA
CONCEITOS	101 Urbano 102 Limite urbano	201 Poder calorífico 202 Conversões para eletricidade 203 Energéticos urbanos
	111 Quantidade de população urbana 112 Dados de PIB ou VAF separados por setor da economia com referência geográfica	211 Consumo em fontes primárias de energia em grandeza física 212 Consumo em fontes secundárias de energia 213 Poder calorífico inferior médio no ano 214 Escala o mais próxima possível a do recorte
ACESSO	121 Fontes oficiais	221 Contato direto com os responsáveis pela elaboração dos balanços
DELIMITAÇÃO	131 População urbana com referência geográfica	231 Local do consumo ou venda do energéticos
MÉTODO	041 Presunção de que um habitante consome o mesmo no urbano e no rural 042 Presunção que uma quantidade de riqueza gerada demandou a mesma quantidade de energia 043 Presunção de que o consumo de combustíveis ocorrerá no recorte geográfico de finido	

Fonte: Autor

X0X – Conceitos

10X – A boa definição de conceitos foi um dos problemas encontrados, em primeiro lugar porque as cidades se encontravam em países distintos. A igual definição do que é urbano, com critérios físicos ou matemáticos, preferencialmente, é importante para o melhor refinamento dos resultados. Da mesma forma, os limites do que é urbano, pois nisso há muita discussão e divergência. Tendo o conceito de urbano consolidado e pautado em critérios sólidos como distância máxima entre edificações em conjunto com densidade populacional e outros refinamentos – como consideração de grandes áreas sem edificações, por exemplo, aeroportos, enclaves, corpos hídricos –, como é realizado no modelo norte-americano (US CENSUS, 2013), seriam de grande valia. De certa forma isso implica em uma base georreferenciada, que, com efeito, é a ferramenta que permitiria uma consolidada delimitação do que é urbano em qualquer lugar.

20X – Em relação à energia há a definição do Poder Calorífico, o qual, na verdade, deveria ser sempre o Poder Calorífico Inferior (PCI), por ser a melhor representação do quanto um combustível a base de petróleo utilizará para gerar um trabalho. Há, ainda, uma questão polêmica a respeito da conversão para a eletricidade. Como já exposto, no caso francês, é arbitrado que uma usina nuclear tem um rendimento de 33% do seu poder térmico, quando da conversão para eletricidade. Assim também em muitas conversões para eletricidade a partir de termoeletricas, é utilizada conversão arbitrada, e, depois, quando da elaboração de matriz energética a partir de fontes secundárias, ou matriz de consumo, considera-se, apenas, a energia já na segunda fonte. Aqui, no entendimento do autor, há uma clara distorção, porque tais conversões arbitradas deveriam ser sumariamente não utilizadas. Se por qualquer razão uma fonte primária é utilizada, seu poder calorífico, no caso de termoeletricas de todos os tipos, ou seja, seu consumo de energia deveria ser computado a partir do energético inicial. As perdas por rendimento, ou pelo processo são partes da opção por determinado energético e geram, por consequência, consumos maiores do que o da eletricidade, por exemplo. Sendo, pois, o objetivo de matrizes, enquanto balanços ou inventários energéticos apresentar o consumo de energia, quanto mais fiel ao consumo primário realizado, melhor. Dessa forma, a partir da grandeza física do energético inicial, deveria ser realizada a conversão para tep, pautada do PCI, de modo que a realidade do consumo seria mais fidedigna.

Quanto à abordagem aqui proposta, faz-se necessária maior reflexão quanto aos energéticos urbanos. Para elaboração da matriz urbana do NUC, por exemplo, não foram considerados as biomassas por se entender que no contexto urbano elas não são tão

significativas como energético. Sabe-se, entretanto, que mesmo nesse ambiente elas são utilizadas, seja em fornos, lareiras ou em outros fins. Com a maior profusão de energias renováveis, utilização de biodigestores, energia eólica em ambientes urbanos, células fotovoltaicas, há, outrossim, maior dificuldade em se definir ou delimitar quais energéticos são utilizados nesse âmbito. Assim, como sugestão, devem, da mesma maneira, ser considerados tais energéticos quando da elaboração de matrizes energéticas urbanas, porém, quando do recorte de matrizes parciais para transporte ou mobilidade, tais nuances serão menores, não devendo ser, entretanto, descartados.

X1X – Dados

11X – Outro ponto relevante diz respeito aos dados, ou seja, mais que um bom protocolo de coleta de dados, mas aos dados em si, nas fontes de pesquisas. Como já exposto, os estudos sobre a questão energética mundo afora têm partido de estatísticas oficiais. Mesmo assim, em relação à população urbana, apenas a partir de uma refinada definição do que é urbano é que se terá dados fiéis sobre a população. Essa é uma realidade que muitas vezes não será encontrada, e, por isso, aqui é citada como um importante ponto a ser considerado: o levantamento de dados, ainda que os oficiais, que retratem a realidade de população urbana, a saber, a quantidade de pessoas com vínculo geográfico. Quando a abordagem for em vários países, como aqui, as discrepâncias serão ainda maiores. Por essa razão, esse ponto tem grande relevância enquanto zelo na elaboração de matrizes energéticas.

Para as inferências, aqui, optou-se pela relação população urbana a partir da população do recorte maior, e, no caso do gás natural para o NUC, a utilização do Valor Adicionado Fiscal (VAF). A dificuldade, nesse caso, é a coleta de dados igualmente com o lastro geográfico. Presumir que a riqueza gerada na área urbana é decorrente de atividades de todos os setores da economia, excluindo-se o primário, é válido, mas recai, da mesma maneira num outro equívoco, já que há em áreas rurais, igualmente, atividades comerciais, industriais ou de serviços. Em suma, o problema recai sobre onde exatamente a riqueza é produzida. Se, de alguma forma houver instrumentos para tal correlação, esses dados seriam bem oportunos para a confecção de matrizes energéticas.

21X – A realização de levantamentos dos energéticos consumidos nas fontes primárias e em grandezas físicas (litro, metro cúbico, barril, galão, quilo, ...) fará com que se tenha um melhor retrato da realidade energética. No caso do *Bilan énergétique de la Aquitaine*, são fornecidas as fontes de energia primárias baseadas na produção de uma região, o que é

imediatos, mas, todavia, traz consigo, uma outra falha de constructo, pelo fato de determinado energético produzido num local, não ser possivelmente consumido no mesmo local. De qualquer maneira, ainda que partindo de uma característica de produção, pelo fato de ser a partir de grandezas físicas, haverá um retrato melhor da realidade energética.

Do mesmo modo se faz necessário o levantamento do consumo dos energéticos transformados (fontes secundárias de energia) para eletricidade ou para calor, de modo que se saiba efetivamente através de qual energético o trabalho que atende a sociedade é realizado. Como o problema em questão é a escala urbana, normalmente os dados levantados são oriundos das vendas de determinado energético, o que, é mais adequado por se dar dentro do recorte definido. O fato é, se por um lado, para a escala urbana é mais factível a coleta de dados consumidos, incluindo aí, energia secundária, por outro, é das fontes primárias que se obtém o montante mais real de energia, já que tudo que foi consumido, teoricamente, será quantificado. Ressalte-se que, contudo, que no levantamento dos energéticos consumidos se tem a realidade da energia útil, que é uma informação mais interessante para o *marketing*. Quanto à questão ambiental, seria mais oportuno o levantamento das fontes primárias, ainda que, em muitos casos essas venham de distâncias consideráveis, bem fora do recorte urbano, de consumo aqui em questão.

Para a coleta de dados dos energéticos utilizados que geram combustão é importante destacar, pois, o poder calorífico inferior (PCI). A maior parte dos balanços o utiliza, mas nem todos. Por essa razão, quando forem levantados os energéticos consumidos é imprescindível que se tenha o PCI médio do ano em estudo. Isso porque só através de conversões padronizadas quanto ao volume (em especial no caso da madeira) e do poder calorífico se poderá obter a real energia consumida.

Ainda em relação aos dados, partir dos já consolidados implica em utilizar a menor escala disponível, o que, como aqui no caso de OKI, sobretudo, se mostrou inadequado. Por essa razão a escala de coleta de dados oficiais é um fator de destaque. Tem-se que buscar os dados a partir das fontes mais próximas à escala urbana, de modo a dirimir as falhas da abordagem *top-down*. Escalas demasiado maiores do que a cidade em questão podem gerar distorções significativas, e, portanto, devem ser evitadas.

X2X – Acesso a dados oficiais

Não há grandes dificuldades ao acesso às fontes oficiais sobre população, pois cada país faz censos e com relativa proximidade da referência geográfica quando o tema é a

população urbana. De qualquer maneira, quando vistos em conjunto com os conceitos de urbano, podem surgir dificuldades. Assim, se houver meios de se ter acesso aos responsáveis pela compilação dos dados demográficos da cidade, melhor. Quando se considera os dados de consumo de energia, por sua vez, essa proximidade com os responsáveis pelos balanços energéticos é ainda mais importante, como aqui ocorreu quanto a Curitiba. Pela proximidade do autor com a empresa que elabora os balanços, e, claro, graças à presteza da COPEL, através da senhora Rosicler do Rocio Brustolin, teve-se acesso a dados mais próximo ao NUC, o que, certamente, traz maior eficiência à abordagem *top-down*. Quanto ao caso francês, aqui, tentou-se contato com os órgãos responsáveis, sem sucesso, por alegação de sigilo. Pode parecer um problema óbvio, no entanto, não se revelou assim neste trabalho, já que, mesmo tendo a participação de universidades e de pesquisadores nos locais de estudo, o acesso a dados elaborados por outros órgãos, de maneira mais refinada que a apresentada nos documentos oficiais, não foi algo possível para Cincinnati e Bordeaux. Assim, tal aproximação e contato direto se faz necessário.

X3X – Delimitação

Como já exposto, a delimitação da cidade é um dos problemas maiores. Por essa razão, como dificuldade ela é novamente aqui elencada. A melhor base de dados disponíveis é a dos Estados Unidos, pois, mesmo para áreas urbanas há informações georreferenciadas acessíveis, até sobre dados da população. No Brasil não é assim. Por essa razão, uma delimitação efetiva só será possível com base de dados georreferenciadas, e, na falta delas, problemas do recorte urbano certamente ocorrerão. Aliados às falhas de conceitos, a falta de meios para delimitar o perímetro urbano gera problemas na elaboração de matrizes energéticas urbanas.

Quando se olha para o consumo de energia as falhas de delimitação são ainda maiores. Ainda que haja meios de se delimitar a conurbação com a população nela residente, o consumo de energia dificilmente será delimitado enquanto se partir de base de dados oficiais. Por exemplo, como são considerados como energéticos consumidos os dados a partir das vendas, são incorretamente considerados todos os automóveis que abastecem dentro do recorte, mas que dele saem e consomem o combustível fora da delimitação (caminhões, aviões, trens, toda a rede de logística). Por outro lado, se for considerada que uma metrópole ou conurbação, enquanto polo que é, atende uma região maior, sendo, portanto, atributos positivos e inerentes dela dispor de aeroporto, porto, rede ferroviária, universidades e por aí afora, não se pode

desconsiderar ou menosprezar tais características nem mesmo do ponto de vista energético. Volta-se, aqui, à discussão sobre os limites da cidade. De qualquer modo, pelo argumento de maior relevância, maior pujança que uma cidade tem na medida em que dispõe de tal infraestrutura, de tais equipamentos, sugere-se, aqui, que mesmo esses consumos sejam considerados quando da elaboração de matrizes energéticas, ainda que para escala urbana.

Há também o problema do local das vendas dos combustíveis, que, não necessariamente tem o registro verdadeiro dentro do recorte definido. Um maior esmero na coleta desses dados diminuirá erros.

X4X – Método

Em relação ao método, muitos dos problemas são oriundos da abordagem *top-down*. Como se parte de dados de uma escala maior, são utilizados fatores para se chegar ao consumo na escala menor, urbana. Aqui foram utilizados a população e o valor adicionado fiscal VAF. Ocorre que, com efeito, nem um nem outro representam efetivamente o consumo de energia. Em termos simples, um habitante não consumirá o mesmo que outro. Se considerarmos um habitante urbano em relação ao rural, quanto à mobilidade o rural possivelmente consumirá mais, na medida em que percorrerá distâncias maiores mesmo no dia a dia, mas não necessariamente. Da mesma forma, ainda que haja uma relação, questionável, é verdade, entre geração de riqueza e consumo de energia (LEE & CHANG, 2007), não há consenso nem mesmo entre pesquisadores. Se se pensar numa matriz energética urbana completa, não somente para mobilidade, essas diferenças podem ser ainda mais acentuadas, pois provavelmente um habitante urbano utiliza muito mais serviços que seu par rural, de modo que presumir uma relação igualitária é um erro.

Em relação ao consumo efetivo de combustíveis no recorte da conurbação, como apresentado, presumir que a venda de um combustível, sobretudo os petrolíferos, ocorrerá dentro da delimitação é um erro, pois certamente não ocorrerá. Nesse sentido poderiam ser feitas correlações sobre o total de combustíveis que são vendidos às empresas de logística ou mesmo em relação ao transporte aéreo, de modo a diminuir discrepâncias.

5.2 CONCLUSÕES DO RELATÓRIO DO PROGRAMA IGNIS MUTAT RES

Como as matrizes foram elaboradas em paralelo com o desenvolvimento dos trabalhos do Programa *Ignis Mutat Res*, aqui são apresentadas brevemente algumas das conclusões a que chegou o Relatório (BRAUP, 2013).

O Relatório Final do Programa *Ignis Mutat Res* (BRAUP, 2013) faz uma exibição das características governamentais sobre a mobilidade e sobre a energia, apresenta as principais medidas das políticas para esses fins nas três cidades, além de tecer comentários sobre as realidades sociais e conjunturas de cada uma delas. Relata também as principais medidas de cada cidade no tocante à relação cidade/mobilidade/energia, citando os exemplos aplicados por cada cidade, como o Tramway em Bordeaux, as autoestradas de Cincinnati e o metrô de superfície de Curitiba. O Relatório Final ainda propõe três pistas, identificadas nas três cidades, para se alcançar uma mobilidade metropolitana mais durável:

- Deslocamentos de um modo energeticamente mais econômico: uma organização com o objetivo de reduzir o consumo de energia: uso do carro => carona solidária => transporte coletivo => modos suaves / ativos (caminhada / bicicleta). Proposta essa que não considera alterações nas características urbanas, mas, sobretudo, no modo de os usuários utilizaram a cidade.
- Redução das distâncias percorridas: através da reconfiguração das relações espaciais e temporais, origens e destinos, notadamente casa-trabalho através do indicador veículo-quilômetro (vkm), indicador essencial das emissões de GEE e de consumo de energia (A'URBA, 2012), o que recai sobre o uso e concentração mistos do solo urbano, a proximidade do transporte coletivo, sendo atribuições do planejamento urbano e do urbanismo.
- Substituição das energias fósseis por energias renováveis ou, pelo menos, não-fósseis: esta pista sugere que os avanços tecnológicos para reduzir as emissões de GEE e a poluição atmosférica, e para melhorar o rendimento dos motores (em termos de distância percorrida por unidade de energia). Salienta, ainda, que, em função das alterações das características tecnológicas dos motores dos automóveis, por exemplo (menor autonomia e potência, no caso de comparação dos motores à combustão com os elétricos),

haverá, igualmente, alteração no comportamento dos habitantes bem como na percepção do espaço metropolitano, despertando, assim, práticas modais inovadoras e eficazes a partir daquilo que parece ser uma restrição.

O Relatório ainda cita que foram identificadas duas principais categorias de medidas e dispositivos que buscam melhorar as práticas quanto à redução do consumo de energia: as de tipo material (*hardware*) e as do tipo lógico (*software*). As do tipo material se compõem dos veículos e as instalações que permitam a melhor utilização de bicicletas, por exemplo, bem como as infraestruturas. Já as do tipo lógico compreendem os dispositivos imateriais que permitem e regulam a utilização dos veículos e da infraestrutura.

Dentro do método utilizado no Relatório estavam as visitas às cidades, com o objetivo de analisar a realidade urbana e de mobilidade. O fato é que, tendo os trabalhos se iniciado em meados de 2011, a realidade econômica e política de cada país passou por alterações bruscas, muito rapidamente, o que, faz com que qualquer construção de cenário macro em que cada uma das cidades seja dificultado. A exemplo dos reveses econômicos a que vem passando o Brasil, não mais com a pujança dos anos 2000 – visto a queda no PIB nos anos de 2012 e 2013, em relação ao crescimento observado em meados dos anos 2000 –, e a recuperação norte-americana – na medida em que a economia começa a dar sinais de recuperação após a crise das hipotecas no final da década de 2000 –, outrora no auge da crise. Isso, da mesma maneira, reflete-se na conjuntura das cidades, e, por conseguinte, no modo como a energia é utilizada.

Nas análises realizadas, percebeu-se que das três cidades Bordeaux parece fazer a mais explícita conexão entre energia e mobilidade, depois Curitiba e por último Cincinnati. Isso no sentido que as instalações para os diferentes modais são mais bem interligadas e apresentadas, atualmente, na cidade francesa. Curitiba, por sua vez, tem uma mistura de infraestrutura para o transporte público, mas um apelo que vem de intenções sociais, pelo automóvel, e, por fim, Cincinnati, que utiliza o automóvel como meio de transporte sobrepujando todos os demais modais.

Percebeu-se, ainda, que as condições políticas e culturais únicas de cada cidade em seus contextos nacionais resultaram em diferentes histórias sobre mobilidade e energia, e, mesmo, em diversas perspectivas para o futuro.

Em suma, o Relatório conclui, sobre as três formas de análises utilizadas: formas urbanas, experiências metropolitanas e governança, que em relação à primeira, o peso das

estruturas materiais estabelecidas induz à utilização do automóvel, e mais “as forças históricas estruturaram a cidade atual que orienta fundamentalmente o futuro, por exemplo, seja a utilização dos Tramways em Bordeaux, a policentricidade e as autoestradas de Cincinnati, ou os eixos estruturais em Curitiba. Da mesma sorte, Curitiba e Bordeaux conservaram uma visão de cidade densa, com relativo incentivo à pedestrianização. Quanto às experiências metropolitanas, por seu turno, houve a maior quantidade de peculiaridades em cada cidade, o que aduz a necessidade de novos estudos, sobre questões de ordem econômica, gentrificação, os incentivos que parecem ser maiores às classes mais assistidas do que aos que se deslocam mais, a segregação socioespacial, o papel das baixas densidades urbanas, cálculo dos juros, a corrupção. Aqui cabe um comentário a respeito de Curitiba. Se por um lado existe a segregação socioespacial na medida em que as populações de menor renda moram mais afastadas do centro, na sua maioria, por outro, quanto ao transporte, há a política de tarifa única e de integração no sistema de transporte, o que é um distribuidor de renda. Essa política tem permitido que pessoas percorram longas distâncias pelo mesmo preço dos que utilizam o transporte público para pequenas distâncias. Por mais que se tenha um cunho social, essa política na escala metropolitana não tem se mostrado economicamente viável, já que o próprio Poder Público tem que arcar com subsídios para que o sistema se mantenha. Sob o prisma energético, então, é ainda menos eficiente, pois não computa os gastos que um passageiro fará nos longos deslocamentos, antes – considerando que o preço da terra, e, portanto, da habitação é mais baixo nas áreas mais distantes –, impele essas populações que mais dependem de transporte público a residirem longe, pois, pelo menos, do transporte integrado serão servidas.

Retornando às conclusões do Relatório, ficam, de qualquer maneira, desde já expostas as fraturas sociais, a despeito das políticas públicas, no caso de Curitiba, quanto aos mais pobres da periferia da RMC. Ficam igualmente expostos os fatores discriminantes de cada metrópole, sendo uns de ordem econômica e tecnológica, outros de natureza financeira ou de relevância urbanística. Já em relação à governança há incertezas quanto à gestão metropolitana nos três casos, sendo ela o buraco negro mesmo quando uma solução é reconhecida como útil para a coletividade, ao comportamento dos cidadãos e aos territórios. O bom planejamento se depara com os interesses dos atores e com a capacidade de domínio de alguns deles sobre outros. A governança ainda falha em não estimar o crescimento espacial e de consumo dos recursos diante de todas as incertezas em que jazem as metrópoles: sociais, econômicas, financeiras ou mesmo climáticas. A governança da mobilidade deve levar em consideração, do mesmo modo, as relações/interações da cidade com todos os territórios sob sua influência, região

metropolitana, pois “é na grande escala que se definem as escolhas técnicas, os objetivos de planejamento e os esquemas de organização do transporte”, demandando ainda a busca por parcerias com a devida regulamentação a base de contratos e/ou compromissos.

Percebe-se, pois, o caráter exploratório na investigação das boas práticas sobre a metropolização/energia/mobilidade, e que, ainda, restam questões abertas que demandam mais profundas investigações.

5.3 ANÁLISE DE DADOS DAS MATRIZES

Esta seção foi dividida em duas partes, sendo que na primeira serão considerados os dados obtidos nas matrizes energéticas com os dados das cidades que foram obtidos pelo relatório Final do Programa *Ignis Mutat Res*, além de comparações com conclusões de estudos apresentados na Revisão Bibliográfica, Capítulo 2. Na segunda, serão rediscutidas as maneiras pelas quais os autores citados no Capítulo 2 trataram o levantamento de dados de consumo de energia em relação à mobilidade ou transporte urbano em comparação com o método aqui empregado.

5.3.1 Densidade e uso do automóvel

Considerando que os dados sobre consumo de energia foram classificados em urbanos e em mobilidade, as análises aqui serão realizadas pautadas nessas duas situações. Como a delimitação foi sobre as conurbações definidas na Seção 3.3, e, retornando ao início da proposta de comparação com os dados obtidos através do grupo de pesquisa *Ignis Mutat Res*, os dados foram considerados com ênfase sobre as conurbações, conforme definidas neste trabalho, ao passo que os dados obtidos pelo grupo de pesquisa, por sua vez, muitas vezes foram somente sobre toda a região metropolitana ou somente sobre o município sede, de modo que para evitar distorções acentuadas faz-se a opção pela utilização de índices *per capita* ou por densidade, uma vez que em se tratando de questões urbanas, extrapolações a partir do município sede, em parte, representarão características de sua área conurbada. Por outro lado, presumir que dados de uma região metropolitana inteira, ainda que de qualquer natureza, são os mesmos que se encontram num recorte urbano, inspira erro. De qualquer maneira, sabe-se que, na maioria dos casos dentro da pesquisa realizada, quanto à proporcionalidade dos dados, o que ocorre foi sobretudo a extrapolação de dados do município sede, por normalmente ser este o que dispõe de maiores informações de caráter urbanístico, assim redundando em pouca

distorção. Esse comentário explica porque foram utilizados, aqui, valores absolutos das regiões metropolitanas quando da comparação de características urbanas (como densidade, dados sobre mobilidade, infraestrutura de transporte, por exemplo) com o consumo de energia somente quando tais dados estavam disponíveis e consolidados.

Ressalte-se, ainda, que, dentro dos objetivos do Programa *Ignis Mutat Res*, as análises aqui apresentadas são de caráter exploratório e multidisciplinar, resultando em informações a título de comparação qualitativa. Dentre os dados comparados pertencentes aos três contextos analisados estão as diferenças econômicas e de consumo de energia, conforme exposto adiante (Tabela 19).

Como forma de equilibrar as receitas dos habitantes, foi feita a paridade da renda média anual através do fator de conversão da Paridade do Poder de Compra (PPC) para os anos de 2009-2013 (WORLD BANK, 2014), aqui utilizada para converter a média dos rendimentos anuais a uma única moeda, de modo a permitir comparações a partir, inclusive, da renda. Este fator é calculado pelo World Bank no intuito de estimar a pobreza internacional, e é baseado nas pesquisas realizadas pelo *International Comparison Program* (ICP). Grosso modo, consiste em pesquisas realizadas em mais de 120 países sobre os custos de bens e de serviços médios dentro de uma cesta de 155 itens, o que, na realidade, faz com que se meça o poder da riqueza de uma população, a despeito das diferenças cambiais ou de econômicas implícitas, como explana o *Millennium Development Goals Indicators* (MDGI, 2014):

Para efeitos de comparação entre os níveis de pobreza entre os países o *World Bank* utiliza estimativas de consumo convertidos para dólares norte-americanos utilizando a Paridade do Poder de Compra (PPC), em vez de taxas de câmbio. A conversão da PPC permite que os valores adicionados nacionais, em moedas nacionais, sejam comparados na base de seus poderes de compra das moedas em seus respectivos mercados domésticos livres de diferenças nos níveis de preços entre países (traduzido pelo autor).

A aplicação do fator de conversão da PPC faz com que os poderes de compra de cada país sejam comparados ao poder de compra que o valor adicionado da riqueza gerada nos Estados Unidos, *per capita*, tem no mercado norte-americano. O dólar americano e seu poder de compra doméstico é utilizado como referencial sobre o qual são comparados todos os demais poderes de compra.

Ainda que tal instrumento, com efeito, aproxime sobremaneira a realidade de compra de cada pessoa, na média, há algumas considerações que sua utilização trazem consigo, ainda mais quando a aplicação é em outro fim, como aqui. O fator de conversão da PPC, como

dito, foi criado para medir a pobreza, e não para comparar de maneira global o poder de compra de uma sociedade. Dessa forma, quando se analisa sob o prisma energético, ocorrem ruídos na medida em que uma atividade que consuma muita energia, ainda que, eventualmente, gere muita riqueza, mas que, ao contrário, não faça parte da cesta que a PPC considera, não é considerada para a composição desse fator, havendo, portanto, prováveis distorções. Para sua composição, no mundo todo, são considerados itens adquiríveis pela população, tendo, pois, uma medição do consumo privado, da mesma maneira, não sendo um fiel retrato quanto a comparações sobre consumo de energia. Por outro lado, como a PPC parte do consumo médio em países, a partir de dados de pesquisas, há um “viés urbano” (MDGI, 2014), pois os dados médios dos países analisados são sobretudo obtidos através de pesquisas nesses locais, por mais que haja grandes diferenças geográficas e de grau de urbanização. Nesse sentido, para este estudo, a utilização do fator de conversão da PPC tem um refinamento positivo, na medida em que o problema em tela é somente de natureza urbana. Dessarte, a utilização do fator de conversão da PPC se justifica enquanto comparativo entre as rendas médias para o fim de correlações quanto ao consumo energético, pois, de fato, é um instrumento mais próximo da realidade de compra do que a mera conversão cambial.

Em relação às populações urbanas utilizadas nessa comparação de caráter qualitativo, ao contrário do apresentado no Relatório Final do *Ignis Mutat Res*, foram utilizados os mesmos dados que formaram as matrizes energéticas, pois, para confecção destas foram consideradas as populações de 2010, para a França, e de 2011 para o Brasil e para os Estados Unidos e somente a área delimitada na conurbação. A diferença se deve ao fato de que o grupo de pesquisa buscou a todo o momento os dados mais atuais disponíveis, ainda que de estimativas, ao passo que para a confecção das matrizes foram utilizadas as populações estimadas para o mesmo ano dos dados disponíveis nos balanços energéticos. Como o enfoque aqui é sobre o consumo energético, a opção foi pelas populações consideradas para a elaboração das matrizes. Os dados considerados para as comparações, bem como a utilização do fator de conversão da PPC são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Dados das três regiões metropolitanas

		CUB (2010)	OKI (2011)	Cincinnati (conurb.)	RMC (2011)	NUC (conurb.)
ÁREA	km ²	578	6819	2971	16627	1358
POP.	hab	721436	2172191	1398692	3223836	2872667
DENSIDADE	hab/km ²	1248,16	318,55	470,78	193,89	2115,37
PIB per capita	(moeda local)	26.710 €	US\$ 29.000		R\$ 31.188	
	PPC (2010 na CUB, 2011 em Cincinnati e no NUC)	0,87	1		1,83	
	Dólar internacional	30701,15	29000,00		17042,62	

Fonte: (BRAUP, 2013) e Autor

É interessante observar que a densidade urbana e a área ocupada por Cincinnati retrata o modelo norte-americano de cidade, espalhada, em função da natureza urbana e do tipo de ocupação: a policentricidade, a suburbanização (periurbanização) que se traduz numa maior mancha urbana (Figura 17), bem como numa menor densidade dentre as três. Curitiba, por sua vez, retrata o paradoxo brasileiro na medida em que, a despeito da dimensão territorial e das áreas propícias à ocupação humana no país, tem em suas metrópoles uma densidade e uma escala demasiado altas.

Quanto ao PIB *per capita*, a utilização do fator de conversão da PPC exhibe o baixo poder de compra dos habitantes do NUC diante de seus pares, ou seja, uma relação de 1,80:1,70:1, respectivamente, CUB, Cincinnati e NUC.

Considerando os dados de consumo de energia obtidos, já apresentados nas Seções 4.6 a 4.8, os dados apresentados sobre as três cidades (Tabela 19) e algumas características das cidades levantadas no âmbito do projeto *Ignis Mutat Res*, foi elaborada a Tabela 20.

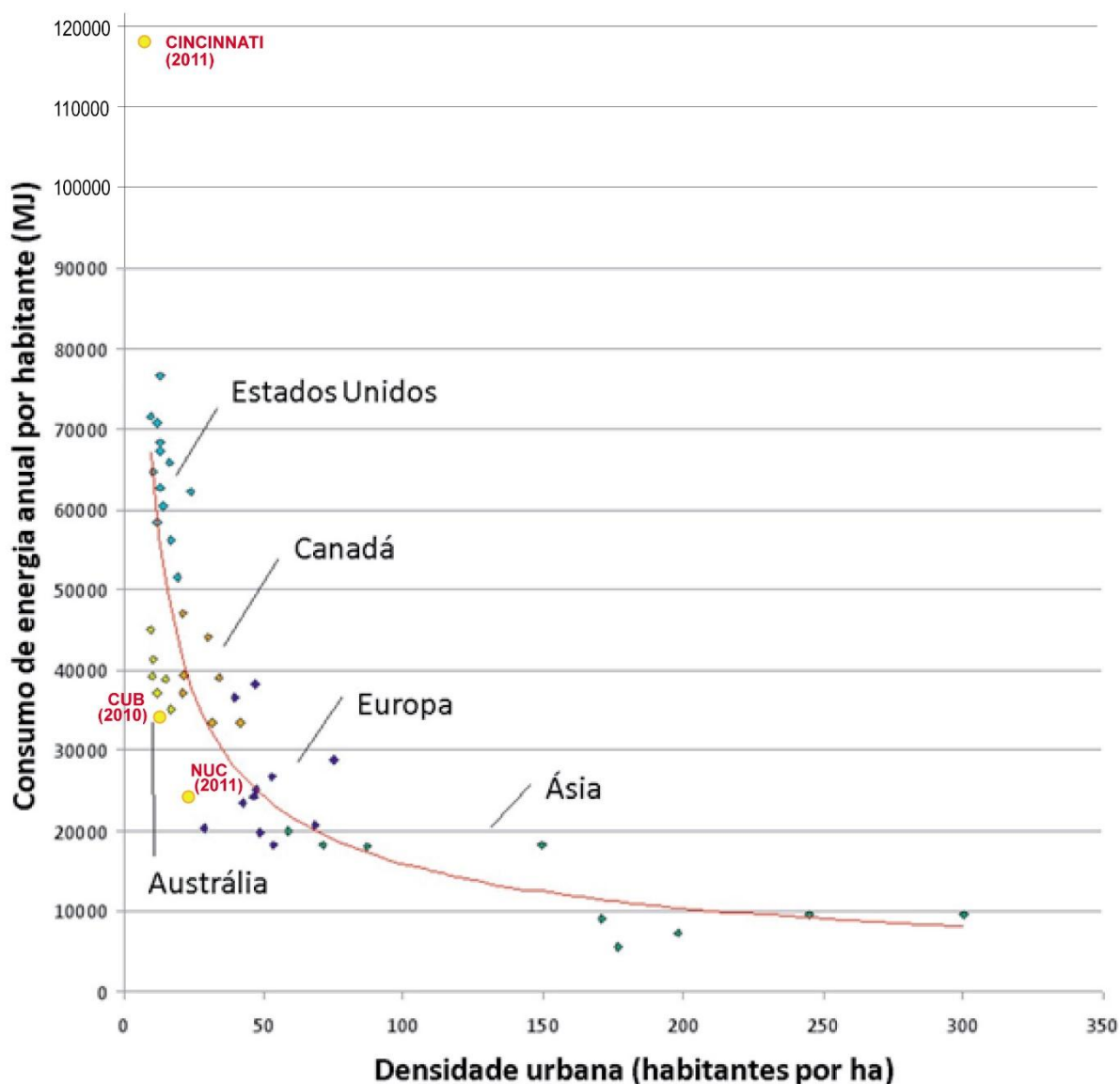
Tabela 20 – Dados das três regiões metropolitanas

	CUB (2010)	Cinci. (2011)	NUC (2011)
Consumo total urbano, em ktep	1824,11	16003,64	2650,34
Consumo total em transportes, em ktep	578,77	3953,84	1565,22
Consumo urbano <i>per capita</i> , em tep/hab/ano	2,53	11,44	0,92
Consumo em transporte <i>per capita</i> , em tep/hab./ano	0,80	2,83	0,54
Produtividade ambiental (PIB em\$ dólar internacional/tep/ano)	12142,30	2534,55	18472,29

Fonte: Autor

Postos os entraves relacionados à utilização do método e ao processo de coleta de dados, a leitura final desses valores não deve ser feita de forma superficial, mesmo assim, desde já se mostra relevante o alto consumo de Cincinnati frente às outras cidades. Note-se que em relação ao consumo urbano *per capita* a diferença é ainda maior que em relação ao consumo em transporte *per capita*. Isso se deve, entre outros fatores, ao alto consumo de energia no setor industrial na cidade norte-americana, pois o consumo *per capita* urbano é mais de 10 vezes maior na conurbação de Cincinnati que no NUC, ao passo que essa diferença é de 5,24 vezes quando comparadas as duas cidades no quesito consumo de energia urbano *per capita*. A relação entre consumo de energia urbano, *per capita*, foi de 2,74:12,41:1, respectivamente, CUB, conurbação de Cincinnati e NUC; já quanto ao consumo de energia em transporte, *per capita*, foi de 1,47:5,19:1. Essa diferença também sugere que o gasto de energia em cidades, mesmo no setor urbano, possivelmente está mais ligado à questões de natureza produtiva, estilo de vida ou questões climáticas do que a características urbanas, ainda que, obviamente, mesmo essas variáveis interferem na forma da cidade. De qualquer modo, não se considerando as características de setor industrial, de clima ou de estilo de vida de uma sociedade que podem sim trazer grandes diferenças sobre o consumo urbano, tem-se, por fim, na mobilidade o principal gasto energético, que, entre outros aspectos, dependerá, em grande parte, da densidade urbana ou mesmo de sua forma.

A densidade, sabe-se, de fato tem essa relação com o consumo de energia, como demonstra o Gráfico 30 adaptado de Kenworthy e Laube (1996). Considere-se que este gráfico apresentou o consumo em 1990, mas que, de acordo com a (IEA, 2013a), o consumo *per capita* não aumentou muito nos países membros da OCDE, ao passo que houve sim um significativo aumento nos países em desenvolvimento, sobretudo na China. Como essa comparação trata-se apenas do consumo em transporte, sugere-se maiores aumentos. De qualquer maneira, fica patente a relação entre densidade urbana e consumo de energia para transporte em cidades, mesmo através do método empregado neste trabalho. Aqui os valores encontrados tiveram uma relação de 0,59:0,22:1, respectivamente, para a CUB, para Cincinnati e para o NUC.

Gráfico 30 – Consumo de energia em transporte *versus* densidade urbana, em tep (1990 e 2010/11)

Fonte: (KENWORTHY & LAUBE, 1996) e Autor, adaptado

Se por um lado os habitantes de Curitiba são os que têm menor renda, por outro, são os que mais produzem riqueza com a mesma quantidade de energia, numa relação de 0,66:0,14:1, respectivamente CUB, Cincinnati e NUC. Numa comparação com os habitantes de Cincinnati, a diferença é considerável. Isso, em certa medida, reflete também a difusão de infraestrutura que se tem em Cincinnati, em relação ao NUC, e, novamente, ao grau de industrialização.

No âmbito do programa *Ignis Mutat Res*, seguindo com as comparações entre as cidades, verifica-se que, no Quadro 14, em Cincinnati há maior quantidade de deslocamentos por dia, com a grande maioria, 93% utilizando meios privados motorizados e percorrendo as maiores distâncias no deslocamento, média de 10,5km. Esses dados condizem com o que apresentou Kenworthy e Laube (1996), a respeito da maior utilização do automóvel na medida em que existe maior infraestrutura para ele e que a cidade é menos densa. Curitiba, no outro extremo, é a cidade que tem maior utilização de transporte público e de caminhada/bicicleta, o que condiz com o maior adensamento. Ainda que se considere somente o consumo em transporte, essas conjecturas se mantêm.

Apesar de o grau de motorização no NUC ser pouco superior que o da CUB, e de as distâncias médias percorridas serem maiores no NUC, o consumo em transporte é menor em Curitiba, o que, difere das conclusões de Le Néchet (2012) nesse quesito, no entanto, cabe ressaltar que a diferença no grau de motorização foi pequena, de 531 para 588/1000 hab (CUB e NUC, respectivamente), mas que a taxa média de ocupação é bem superior no NUC 2,35, contra 1,36 na CUB. De qualquer modo, apesar de todos os ruídos existentes nesta pesquisa, a maior disponibilidade de transporte público no NUC conciliada ao alto grau de locomoção por meios não motorizados, que chega a 30%, e, sobretudo, à alta densidade urbana, são algumas das razões que fazem com que o NUC tenha um menor consumo de energia *per capita* dentre as três metrópoles. Sabe-se, também, que a infraestrutura para a utilização de bicicleta e para a alternância entre modais é melhor articulada e implantada em Bordeaux, que conta com bicicletas compartilhadas e com a maior taxa de *park and ride* dentre as três cidades. Isso pode sugerir que mesmo com a alta renda e com o alto grau de motorização haja a utilização de meios não motorizados, seja pelo provimento de infraestrutura adequada, seja por conscientização da população.

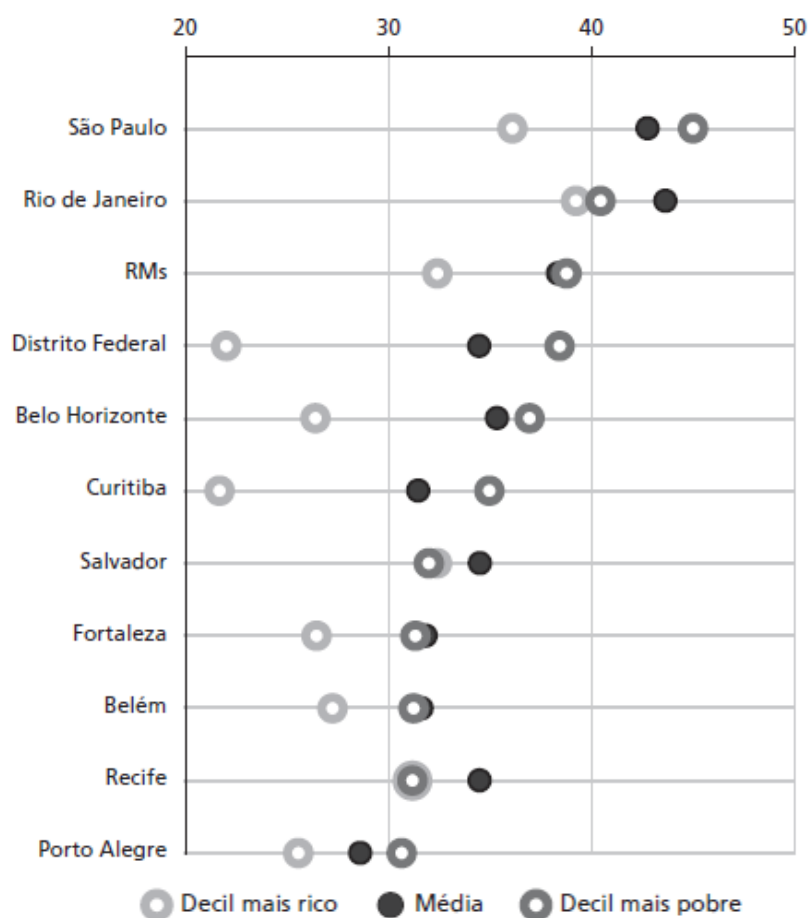
Quanto à utilização de energias renováveis em transporte, percentualmente o resultados foram de 6,83% para a CUB, de 0,71% para Cincinnati e de 8,89% para o NUC. Quanto ao consumo urbano, as porcentagens foram de 14,13% na CUB, 3,52% em Cincinnati e 21,38% no NUC – considerando que 74% da eletricidade é produzida por energia hidráulica (COPEL, 2010).

Como o objetivo desta pesquisa é o enfoque na área urbana, na matriz de Curitiba foram desconsideradas as fontes que não tenham grande utilização nesse contexto, como a biomassa. Isso se deve também ao fato de maior conhecimento do autor sobre a realidade de Curitiba. Esta foi a opção também traçada por Schmid *et al.* (2012). Já para as realidades de

Bordeaux e de Cincinnati, as matrizes aqui apresentadas mantiveram as fontes de energia como biomassa e carvão, primeiramente porque há maior predominância de termoeletricas nesses países, e, porque, há, da mesma forma, a utilização de aquecimento urbano através de fontes geotérmicas, fazendo com que mesmo no contexto urbano, não seja adequado ignorar-se esses energéticos na proposta aqui de matriz parcial, ou seja, voltada para os usos majoritariamente urbanos, sobretudo para a mobilidade. Apesar desta falha de constructo, é interessante observar o peso no consumo de energia das indústrias em Cincinnati, em comparação às demais cidades. Do total consumido em cada cidade, 21,4% foram para a indústria em Bordeaux, 41,08% em Cincinnati, e de 20,11% em Curitiba (2010), lembrando que o balanço do Paraná não tinha dados consolidados para o ano de 2011 quanto aos setores até a elaboração deste trabalho.

Já em relação ao transporte, os consumos em percentuais foram de: 31,72% na CUB, 24,71% em Cincinnati e de 55,09% no NUC, sendo este último percentual, da mesma forma, retirado a partir de Schmid *et al.* (2012). O maior porte da cidade sugere, no Brasil, maior tempo de deslocamento (IPEA, 2013), conforme ilustra Quadro 17, o que, por sua vez, pode significar maior consumo de energia. Em termos absolutos os consumos de energia *per capita* por ano para transporte para cada uma das três cidades, medido em tep/hab./ano, ficariam em: 0,80 em Bordeaux, 2,83 em Cincinnati e 0,54 em Curitiba.

Quadro 17 – Tempo médio em deslocamentos casa-trabalho, 2008-2009 (min)



Fonte: PNAD (IBGE), *apud* (IPEA, 2013)

Não se espera aqui, de nenhum modo, chegar a conclusões sobre essas complexas questões que envolvem a cidade, a forma urbana e o consumo de energia seja para a mobilidade, seja para outros setores, mas certamente a elaboração de matrizes de energia urbanas e parciais se mostrou bastante útil no esclarecimento dessa questão, uma vez que trouxe informações pertinentes sobre os energéticos que são utilizados, e suas quantidades no transporte urbano.

5.4 A ABORDAGEM DA QUESTÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NA CIDADE

As conclusões de Kenworthy e Laube (1996) apresentaram que o uso de automóveis está ligado à infraestrutura para carros *per capita* e à distâncias médias percorridas, conforme Gráficos 05 e 06. Ainda observe-se que a porcentagem de passageiros transportados é maior quanto maior for a densidade da cidade (Gráfico 8). Aqui, nos dados levantados obteve-

se as mesmas conclusões, pois ficou evidente que a maior infraestrutura disponível para automóveis, em Cincinnati, implica em maiores deslocamentos. Comparando-se a CUB e o NUC, verifica-se que nem mesmo a maior motorização do NUC foi suficiente para impor maior utilização do automóvel, talvez justamente pelo fato de o NUC possuir a maior densidade dentre as três cidades. Em certa medida, aqui, Curitiba também se enquadra no proposto por Cameron *et al.*, cujas afirmações sobre o *smart growth* nos EUA e sobre a consolidação urbana na Austrália encontram no NUC mais um exemplar desse fruto do adensamento, que é o menor consumo de energia em deslocamento *per capita*. Por outro lado, possivelmente a alta densidade do NUC também fomenta a utilização de meios não motorizados, pois, comparando-se com a CUB, que possui significativamente maior infraestrutura para bicicleta e para baldeações com outros modais de transporte, o NUC detém ainda maior taxa nesse quesito. Pode ser, por outro lado, a manifestação nefasta da baixa renda média no NUC.

Para a realização de algumas das simulações de cenários apresentadas na Revisão Bibliográfica, Capítulo 2, foram utilizados os dados já consolidados para consumo de várias fontes, dentre elas da EIA (GHANADAN & KOOMEY, 2005), para, a partir daí, efetuar as estimativas. Foi considerada uma escala estadual, Califórnia, o que foge e muito da abordagem aqui proposta, por ser um território muito mais vasto, com várias cidades e com muitas atividades não urbanas. A base de dados por eles levantadas, no entanto, atribui para o ano 2000, na Califórnia, a maior quantidade de energia gasta em transporte, seguido pelo setor industrial, tendo nos produtos derivados de petróleo o principal energético.

Ainda que o estudo aqui seja sobre escalas urbanas, é interessante observar a dependência do petróleo para mobilidade, seja na escala estadual, no caso da Califórnia, sejam nas três cidades em questão aqui. Isso na verdade é um sinal de alerta para todos, uma vez que a queima desses combustíveis trazem os males já bem conhecidos, ao passo que existe uma grande inércia na mudança de energético para mobilidade ou mesmo para a utilização de meios não motorizados.

Também lidando com uma escala maior que a urbana, o estudo em Taiwan (YOPHY, JEFFREY, & CHIEH-YUC, 2010) também partiu de dados de balanços – *Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs* e o *Taiwan Power Company* –, já consolidados, para, então, criar os cenários com diferentes políticas quanto ao consumo de energia. No caso de Taiwan, quanto ao consumo baseado nos balanços, mais de 50% ano longo de 20 anos foi destinado ao setor industrial, já o consumo em transporte, por seu turno, teve oscilações entre

13% a 16,89% do total de energia consumida, ainda que tenha havido um crescimento de quase 3 vezes em 20 anos, em números absolutos.

Nesse sentido, Taiwan, um país com grande industrialização e economia pujante se assemelha a Cincinnati, fazendo com que o consumo de energia total seja majoritariamente pelo setor industrial.

Já em relação à escala urbana, no estudo sobre Islamabad e Rawalpindi (SHABBIR & AHMAD, 2010) foi utilizada uma estratégia diferente da de partir dos balanços já realizados. Os autores calcularam uma estimativa de demanda de energia para o transporte, formulada em função do número de veículos, distância média, proporção do tipo de veículo e economia ou eficiência do veículo, conforme a fórmula:

$$Demanda\ por\ deslocamento\ (t) = \sum V_i(t).VKT_i(t).taxa\ de\ ocupação\ do\ veículo\ (t)$$

Onde $V_i(t)$ é o número de veículos numa via; $VKT_i(t)$ é a média anual de km-veículo rodados por um veículo do tipo i no ano t .

Os próprios autores afirmam que somente foram considerados os veículos que trafegam em rodovias, pois, segundo eles, é onde há o volume mais significativo.

Mesmo em se tratando de uma estimativa, a opção foi por uma abordagem *bottom-up*, que se mostrou mais fiel aos dados reais coletados, não contemplou, todavia, o todo, nem mesmo em relação ao próprio recorte, conforme definido pelo autor. Tendo-se o total de deslocamentos por tipo de veículo, os autores, da mesma maneira, aplicaram outra fórmula para obter a estimativa de consumo de energia para o transporte nas rodovias em estudo. Um trabalho que apresentou abordagem similar, quanto ao levantamento do consumo de energia em transporte, do qual o autor participou, foi o estudo de caso sobre o movimento pendular entre os municípios de Curitiba e Araucária (PAES *et al.*, 2013).

Essa abordagem apresenta, sem dúvidas, dados mais precisos e minuciosos sobre o problema de consumo de energia em transporte, não apresenta, entretanto, o todo, a abrangência que uma metrópole tem, nem mesmo para a mobilidade. Assim, o recorte acaba sendo sobremaneira limitado, não permitindo nem mesmo maiores comparações sobre os resultados quanto aos aqui obtidos. Faz-se pertinente, contudo, no estudo de Shabbir e Ahmad (2010) citar que pelas suas conclusões a utilização de automóvel, e, por conseguinte, o consumo de petróleo, aumentarão substancialmente até 2030 se não houverem medidas para redução, conforme o cenário BAU.

Já no estudo de Le Néchet (2012), os dados sobre consumo energético para as cidades foram obtidos a partir da UITP, que levanta dados sobre o transporte em várias cidades do mundo e tem o projeto *Millennium Cities Database for Sustainable Transport*, que almeja levantar dados sobre transporte público de modo a melhor o difundir no mundo todo. Suas pesquisas sobre mobilidade são feitas baseadas em vários levantamentos, realizados em várias cidades, baseados em estatísticas dos órgãos responsáveis e de estudos, mas muitas vezes também feitos através de estimativas, pois o trabalho de levantamento de dados sobre mobilidade é repleto de dificuldades, ainda mais quando é realizado em vários países. Dessa forma, muitas das informações levantadas pela UITP é estimada, como no modelo de pesquisa origem-destino, o que, de maneira alguma, significa demérito ou excesso de ruído. Nesse estudo, tamanho o refinamento dos dados disponíveis da UITP, Le Néchet (2012) pode fazer grandes comparações com características urbanas, sendo que estas, foram obtidas das bases de dados da EEA, igualmente uniformizados e já consolidados.

Dessa forma, partindo de uma pesquisa que utilizou a abordagem *bottom-up*, tendo dados já consolidados, Le Néchet (2012) pôde avançar, confrontando dados sobre o gasto de energia em transporte com outros indicadores da estrutura urbana. Como a base de dados por ele utilizada era muito ampla e bem consolidada, não há meios de, aqui, efetuar comparações senão das próprias conclusões a que ele chegou. Seu trabalho foi, com efeito, uma *survey*, ao passo que aqui se tem um estudo de caso.

A partir das análises dos coeficientes pautados na literatura, e com a aplicação dos dados obtidos nos levantamentos da UITP e da EEA, o estudo conclui que altas taxas de posse de automóvel estão correlacionadas a aumento no consumo de energia. Já o espraiamento, representado pela distância média entre dois indivíduos, parece ter menos eficiência energética, *ceteris paribus*. Ainda, a presença de entropia está positivamente correlacionada com o consumo de energia. Do mesmo modo, a policentricidade está negativamente ligada ao consumo de energia em transporte, bem como cidades monocêntricas têm menos utilização de carro. Por fim, conforme já apresentado, Le Néchet (2012) conclui que o consumo de energia é maior em cidades ricas, motorizadas, espraiadas, difusas e policêntricas.

O problema desta pesquisa, no caso de Le Néchet (2012), já havia sido resolvido em parte, uma vez que as informações sobre mobilidade da UITP – a partir dela como também conjuntamente a ela, obteve-se as informações sobre gasto de energia para a mobilidade, e, ao mesmo tempo, a matriz parcial de energia urbana – estavam consolidadas para as cidades, tendo sido, contudo, utilizadas várias bases de dados, várias equipes, num trabalho muito mais amplo

e profundo do que aqui se pretendeu. A abordagem utilizada pela UITP foi a *bottom-up*, no entanto, ela se focou na mobilidade cidadina, de fato, ao passo que aqui, por falha de constructo, é verdade, quanto aos transportes, foram considerados todos os que de alguma maneira diziam respeito à cidade. No processo de criação da matriz parcial, no entanto, surgiu a necessidade de se elaborar matrizes urbanas, as quais, por sua vez, trazem outras luzes sobre a questão do consumo de energia em cidades, mais além do próprio transporte. De qualquer maneira, esses desdobramentos não foram de nenhuma maneira pretendidos.

Quanto às conclusões a que Le Néchet (2012) chegou sobre as cidades europeias, a título de comparação qualitativa, pode-se, também, concluir que em alguns aspectos as matrizes elaboradas condizem com as conclusões desse pesquisador. Em relação à taxa de motorização, com efeito, Cincinnati é a que maior tem, como também maior consumo no transporte. Curitiba, todavia, tem uma taxa um pouco mais elevada que Bordeaux, não sendo, aqui, tão significativo. Da mesma maneira, como demonstra a foto aérea das três cidades, o maior espraiamento de Cincinnati sugere maior consumo que seus pares, mas é difícil afirmar um grau de espraiamento ou de entropia baseado somente nos dados levantados no âmbito do *Ignis Mutat Res*. Ainda assim, pegando por exemplo Cincinnati, a cidade que teve maior consumo possui, com efeito, as características listadas pelo autor, quais sejam: é rica (ainda que a CUB se apresentou com maior riqueza *per capita*), a mais motorizada e a mais espraiada.

No estudo sobre as relações entre o consumo de energia e a transição da morfologia de assentamento na ilha de Xiamen (ZHOU *et al.*, 2013), os dados sobre consumo em transporte foram obtidos através da fórmula já apresentada: $E_i = E_i^{min} + (E_i^{max} - E_i^{min})^{(-\mu^i v_i)}$. Ocorre que para a aplicação dessa fórmula os autores, antes, coletaram dados sobre a frota de veículos e velocidade média nas vias, os quais foram disponibilizados pela *Xiamen City Transportation Commission*, e também a partir de dados disponíveis na literatura. Dessa forma foi estimado o consumo de combustíveis para cada um dos modais de transporte que fazem parte da transporte na ilha, que, no caso, foram: BRT, ônibus normal, ônibus pequeno, carros e táxis. Observa-se, assim, que também aqui a abordagem é mais definida, parte de outras pesquisas já realizadas, e que não abrange a totalidade de transportes, como portos e aeroportos, que, por outro lado, normalmente não fazem parte do movimento pendular. Essa estratégia, igualmente, é *bottom-up*, e tende a ser mais fiel que a utilizada neste trabalho, não sendo, contudo, tão ampla. As conclusões desse trabalho foram sobre as modificações que as mudanças na morfologia de assentamentos poderiam ter sobre o consumo de energia em

transporte, e não, como neste trabalho, da distribuição de energéticos sobre transportes. De qualquer maneira, o autor apresenta que os energéticos utilizados para esse fim são a gasolina e o diesel, numa proporção de 92% e 8%, respectivamente, e que a quota modal de carro é de 21,50%, dados do cenário BAU.

Quando do início dos trabalhos que envolveram esta pesquisa, observou-se, pelo contrário, que em Curitiba não havia tais informações. Até foi cogitada uma análise do consumo de energia nas linhas de BRT, aos quais, assim como feito nos estudos expostos, se teria acesso a dados precisos. Sabia-se, por outro lado, que tal abordagem não compreenderia a totalidade do consumo em mobilidade. Não havia, da mesma maneira, pesquisa origem-destino consolidada para o NUC, sendo o trabalho dos *Ignis Mutat Res*, desenvolvido pela Professora Márcia Pereira, com orientações do Professor Guy Tapie, o pioneiro nessa importante questão.

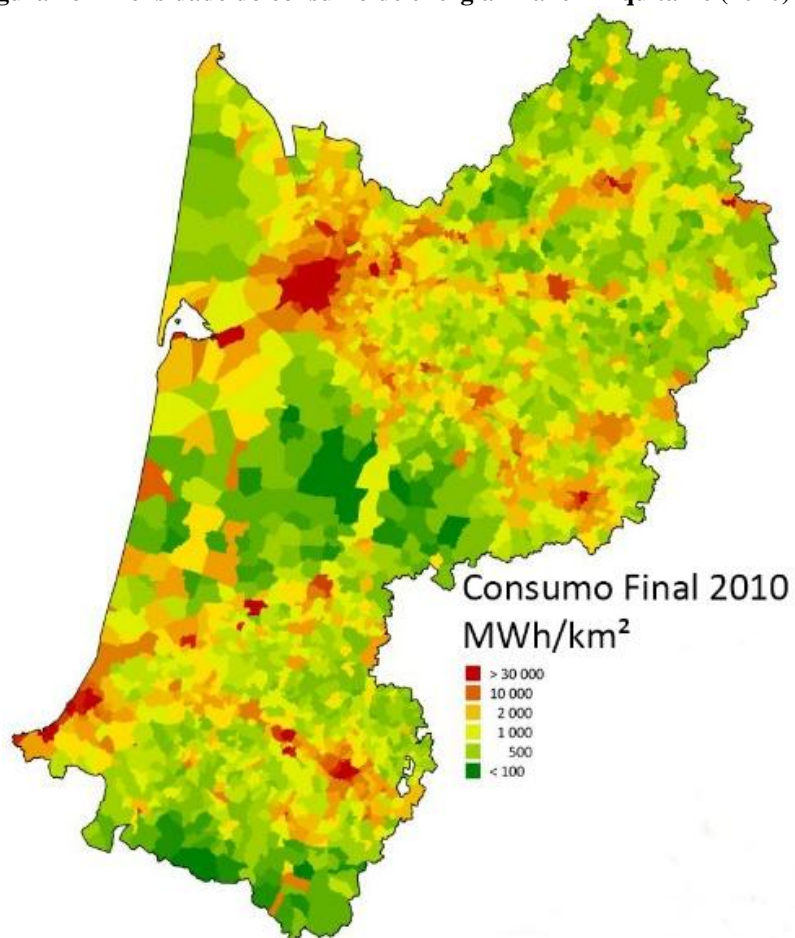
6 CONCLUSÕES

O método apresentado de matrizes energéticas parciais a partir de dados, sobretudo, populacionais, chegou a resultados que coadunam com os dados de que partiram os demais estudos no que concerne ao consumo de energia em transporte nas cidades. Ainda que não haja consenso, devido aos métodos aplicados pelos pesquisadores, fica patente que a complexidade das cidades não é resumida por modelos simples e que as variáveis envolvidas são mutuamente dependentes, de modo que a chegada a conclusões demandam maior precisão e estudos de várias maneiras, em cada contexto.

Em relação ao método, as interpolações através da população, de uma escala maior para uma escala menor, aqui, metropolitana, se insinuam eficientes, os indícios, entretanto, são de que a utilização do PIB ou do VAF seriam mais adequados. Para tal, é fundamental que haja dados fiéis quanto ao local da geração de riqueza e das atividades exercidas. Na comparação entre cidades de diferentes países, ainda em relação ao método aqui utilizado, faz-se necessária uma melhor definição do que é população urbana, de modo que o recorte geográfico fique mais uniforme, a despeito das diferenças intrínsecas de cada cidade em cada cultura. Sobre o método, ainda, cabe salientar que o recorte estadual talvez seja uma escala demasiado ampla para análise de uma metrópole. Se houver, como no caso do Estado do Paraná, dados mais próximos à realidade que se quer investigar, os resultados serão mais acurados.

Existem estudos de mapas energéticos das cidades, que começam a despontar, na medida em que os próprios sistemas de medição direta, numa abordagem *bottom-up*: distâncias percorridas, com o uso de GPS (*Global Positioning System*), consumo de combustíveis com medição eletrônica, redes de medição de energia se tornam viáveis financeiramente e tecnicamente. Um exemplo é o mapa energético de Aquitaine, elaborado por uma base de dados sigilosos, e cujo método não apenas utilizou medição direta, mas também um misto de análises dos dados do balanço com outros dados diretos (Figura 18).

Figura 18 – Densidade do consumo de energia final em Aquitaine (2010)



Fonte: (ORECCA, 2013)

De qualquer maneira, as matrizes energéticas de cidades são ferramentas que servirão ao planejamento energético e planejamento urbano, e que, tendo maior refinamento, poderão ser mais precisas. Ainda assim, desde já servem como norteadoras das políticas públicas para melhor gestão e utilização dos recursos em cada realidade.

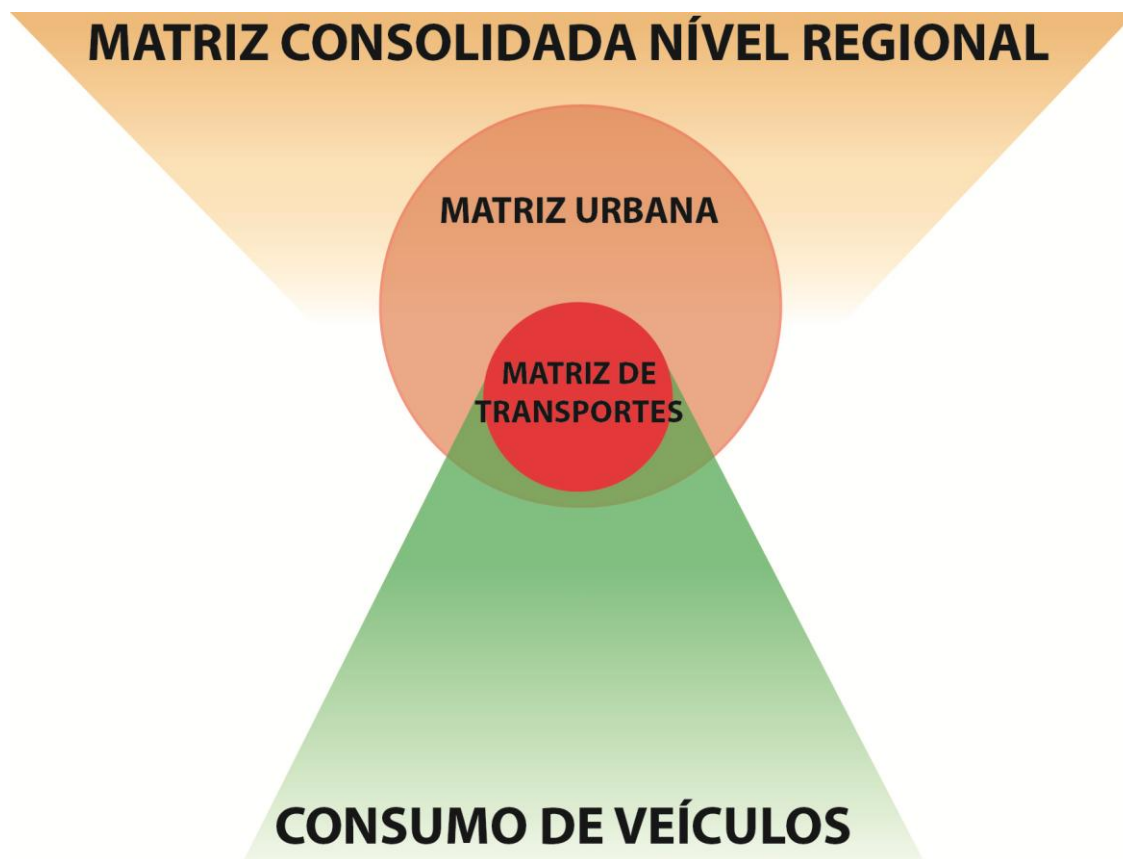
Como sugestão para melhor confecção de matrizes energéticas de cidades através de abordagem *top-down*, indica-se, sobretudo: a maior fidelidade aos dados, tanto de fontes de energia primárias quanto secundárias, e que tenham sido elaborados dentro dos mesmos critérios de poder de calorífico; utilização de fatores de geração de riqueza (PIB ou VAF da atividade), dentro do recorte que se definir como urbano para interpolação de uma escala maior para uma menor ao invés da população urbana; e, a confecção de matrizes de fontes primárias e secundárias, de modo a se ter um melhor panorama das fontes a partir das

quais é gerada a energia consumida e também qual energia tem sido a consumida para atender às demandas da sociedade.

Partindo-se da maneira que os estudos encararam a questão, e, agora, tendo os resultados e maior conhecimento da aplicação da abordagem *top-down* para esse fim, surgem questões sobre a dicotomia entre essa e a *bottom-up*. Quanto ao consumo, a medição direta de um trabalho realizado, será, com efeito, o montante mais próximo do real, de modo que a construção de um inventário energético, na escala que fosse, seria precisa, apesar das dificuldades, quais sejam, a disponibilidade de pessoas para a coleta de dados e o tempo necessário para tal. Nem tão minuciosamente, mas com relevância estatística, uma pesquisa origem-destino com caráter energético supriria as necessidades desse problema. Aqui está o calcanhar de Aquiles do problema de consumo de energia em mobilidade ou em transportes em Curitiba: a inexistência à época do início deste trabalho de uma pesquisa origem-destino. Como o trabalho foi feito a partir de Curitiba, a escolha do método teve que ser feita sob as condições aqui encontradas. O que, de certa forma, permitiu que o trabalho viesse a ser desenvolvido para as três cidades, pois era aqui que a maioria dos dados sobre mobilidade e sobre energia eram mais escassos. Dessa forma, a opção foi por continuar o trabalho já realizado por Schmid *et al.* (2012), pela factibilidade no prazo permitido.

Mesmo não sendo a melhor abordagem do ponto de vista científico, a elaboração de matrizes parciais a partir dos dados já consolidados trouxe consigo novas informações, que vão além do consumo de energia em mobilidade, mas também sobre o consumo na cidade em si, em outros setores, como o apresentado na matriz urbana. Se por um lado a precisão dos dados é perdida devido às falhas de constructo já expostas, por outro, a visão mais ampla sobre a questão energética exhibe outras características, as quais são ainda mais difíceis de serem obtidas numa abordagem *bottom-up*, como, por exemplo, o consumo em setores da economia, o total de energia renovável utilizado na escala urbana, dentre outros. A Figura 19 apresenta um esquema de como as diferentes abordagens produzem resultados de natureza e de abrangência diversa. Ao passo que a *top-down* parte de dados consolidados para produzir dados sem o mesmo rigor que se consegue na abordagem *bottom-up*, esta, por sua vez, parte de dados diversos, para se construir o consumo de maneira mais precisa, sem ser, contudo, tão holística quanto a *top-down*.

Figura 19 – Comparativo entre as abordagens *top-down* e *bottom-up* quanto às matrizes energéticas urbanas



Fonte: Autor

Em suma, para a melhor elaboração de matrizes energéticas parciais de metrópoles, sobre o transporte, o método mais adequado e preciso seria uma pesquisa origem-destino, preferencialmente com georreferenciamento, de modo que todos os conceitos envolvidos pudessem ter lastro geográfico. Um produto assim teria maior rigor e precisão científicos.

A discussão sobre a melhor utilização de energia nas cidades não se encerra, de nenhum modo, por aqui. Todos os esforços que vêm sendo feitos são válidos, ainda que não sejam coordenados, tamanha a complexidade e quantidade de atores e variáveis envolvidos. Este trabalho, da mesma forma, buscou trazer uma luz à questão energética urbana, através de

um método acessível, que, refinado, poderá trazer orientações pertinentes sobre a questão a trabalhos futuros.

A elaboração de matrizes energéticas para a cidade revela importantes aspectos do consumo de energia, o que serve para orientar políticas públicas em prol da melhor utilização dos recursos do planeta e mesmo para criar uma cultura ambiental, pois através delas se expõem os valores e em qual energético há qual quantidade de consumo. Dessa forma, são fomentadas as ações para a melhor utilização dos recursos findáveis do planeta e maior utilização de energias renováveis.

7 REFERÊNCIAS

- A'URBA. (2012). *Grenelle des mobilités: Le rapport*. Agence d'urbanisme Bordeaux métropole Aquitaine.
- ANTP. (2012). *Sistema de informações da mobilidade urbana - Relatório Geral 2011*. Associação Nacional de Transportes Públicos.
- ASCHER, F. (2010). *Os novos princípios do urbanismo*. São Paulo: Romano Guerra.
- BAKONYI, S. M., DANNI-OLIVEIRA, I. M., MARTINS, L. C., & BRAGA, A. L. (2004). Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. *Revista Saúde Pública*, pp. 695-700.
- BBC. (dezembro de 2013). *British Broadcast Corporation*. Fonte: News Magazine: <http://www.bbc.com/news/magazine-25498136>
- BBC. (janeiro de 2014). *British Broadcast Corporation*. Fonte: News Magazine: <http://www.bbc.com/news/magazine-25551393>
- BOLLNOW, O. F. (2008). *O homem e o espaço*. Curitiba: UFPR.
- BRAUP. (2013). *Ignis Mutat Res. Penser l'architecture, la ville et les paysages au prisme de l'énergie*. BORDEAUX: FITZSIMONS, J K; GODIER, P; TAPIE, G; GERBEAUD, F; LEROY, J; CINCINNATI: WILLIAMSON R; CHIFOS, C; OZAKI, A G; PARENT, O; RUSSELL, F; CURITIBA: LIMA, C A; PEREIRA, M A; SCHMID, A L; SILVA, J M M. , Bureau de la Recherche Architecturale Urbaine et Paysagère. Métropoles et mobilités durables à l'épreuve d'un nouveau paradigme énergétique.
- CAMERON, I., KENWORTHY, J., & LYONS, T. (2003). Understanding and predicting private motorised urban mobility. *Transportation Research Part D*, pp. 267–283.
- CAMPOS, R. F. (2005). *Análise da influência da orientação da testada dos lotes na ocupação do setor estrutural de Curitiba*. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- CEPAL - IPEA. (2011). *Textos para Discussão 34. Transporte e mobilidade urbana*. Acesso em maio de 2012, disponível em Comissão Econômica para América Latina e Caribe (ONU) e Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas.: Disponível em http://www.cepal.org/publicaciones/xml/8/43438/CEPAL_34.pdf
- COMEC. (2006). *Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. Plano de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba.

- COMEC. (2012). *Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba*. Fonte: Mapas da RMC:
http://www.comec.pr.gov.br/arquivos/File/Mapas2013/RMC_2013_Politico.pdf
- COMPAGAS. (janeiro de 2014). *Companhia Paranaense de Gás*. Fonte:
<http://www.compagas.com.br/>
- COPEL. (2010). *Companhia Paranaense de Energia. Balanço Energético do Paraná: 1980/2009*. Curitiba.
- COPEL. (abril de 2013). Companhia Paranaense de Energia. **Entrevista com a Coordenadora do Balanço Energético do Estado do Paraná 2011, Sra. Rosicler do Rocio Brustolin**. Curitiba.
- CUB. (2013). *Communauté urbaine de Bordeaux*. Fonte: 28 communes de La Cub:
<http://www.lacub.fr/vie-democratique/28-communes-de-la-cub>
- DRUSZCZ, M. T. (2002). **Avaliação dos aspectos ambientais dos materiais de Construção Civil – Uma revisão bibliográfica com estudo de caso do bloco cerâmico**. *Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná*. Curitiba.
- EIA. (2011). *United States Energy Information Administration*. Fonte: Annual Energy Review 2011: <http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/pdf/aer.pdf>
- EPE. (2009). *Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2009 – Ano base 2008: Resultados*. Rio de Janeiro.
- EPE. (julho de 2013a). *Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. Séries completas*. Acesso em julho de 2013, disponível em Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional: <https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompletas.aspx>
- EPE. (2013b). *Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2013 - Ano Base 2012: Relatório síntese*. Rio de Janeiro.
- FERNANDES, E. (2008). *Reformando a ordem jurídico-urbanística no Brasil*. “In”: VALENÇA, Márcio Moraes (org.). *Cidade (i)legal*. . Rio de Janeiro: Mauad X.
- FORTUNATO, R. A. (2006). **Subsídios à prevenção e controle das inundações urbanas: bacia hidrográfica do Rio Belém – Município de Curitiba – PR**. *Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná*. Curitiba.
- FUSCO, G. (2004). La mobilité quotidienne dans les grandes villes du monde: application de la théorie des réseaux bayésiens. *Cybergeo : European Journal of Geography*, pp. Dossiers, 6èmes Rencontres de Théo Quant, Besançon, France.

- GHANADAN, R., & KOOMEY, J. G. (2005). Using energy scenarios to explore alternative energy pathways in California. *Energy Policy*, pp. 33:1117–1142.
- GOOGLE. (2014). *Google Earth. Fotos de satélites*.
- IBGE. (2010). **IBGE CIDADES@**. Acesso em abril de 2012, disponível em Instituto brasileiro de geografia e estatística: www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=410690
- IBGE. (2010). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estudos e pesquisas. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro.
- IBGE. (2011). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Fonte: **Estimativas preliminares para 1º de julho de 2011**: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2011/estimativa.shtm>
- IEA. (2010). *International Energy Agency - World Energy Outlook*. Paris.
- IEA. (2012). *Electricity information 2012*. International Energy Agency, Paris. Acesso em dezembro de 2013, disponível em <http://www.iea.org/media/training/presentations/statisticsmarch/ElectricityInformation.pdf>
- IEA. (2013a). *International Energy Agency*. Acesso em março de 2013, disponível em Unit Converter: <http://www.iea.org/stats/unit.asp>
- IEA. (2013b). *International Energy Agency. World Energy Balances. Documentation for beyond 2020 files*. IEA. Acesso em dezembro de 2013, disponível em http://www.iea.org/media/statistics/Documentation_WORLDBAL.pdf
- INSEE. (2012). *Institut National de la Statistique et des Études Économiques*. Fonte: Cartes interactives: http://www.statistiques-locales.insee.fr/carto/ESL_CT_cartethematique.asp?nivgeo=DEP&submit=Ok
- INSEE. (novembro de 2013). Fonte: *Institut national de la statistique et des études économiques*: http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=zonages/unites_urbaines.htm
- IPARDES. (2011). *Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social*. Fonte: **Perfil dos Municípios**: http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=29
- IPEA . (Fevereiro de 2013). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. **Tempo de deslocamento no casa-trabalho no Brasil (1992-2009): diferenças entre regiões, níveis de renda e sexo**. Brasília.

- KENWORTHY, J., & LAUBE, F. (1996). Automobile dependence in cities: an international comparison of urban transport and land use patterns with implications for sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, pp. 16:279-308.
- KOVALESKI, A. C. (2009). **Educação em conforto ambiental: Avaliação da percepção de três públicos-alvos e duas técnicas didáticas diferentes.** *Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.* Curitiba.
- KUHNIMHOF, T., BUEHLER, R., WIRTZ, M., & KALINOWSKA, D. (2012). Travel trends among young adults in Germany: increasing multimodality and declining car use for men. *Journal of Transport Geography*, pp. 443–450.
- LE NÉCHET, F. (2012). Urban spatial structure, daily mobility and energy consumption: a study of 34 European cities. *Cybergeo: European Journal of Geography*. Article 580., p. Disponível em <http://cybergeo.revues.org/24966>.
- LEE, C.-C., & CHANG, C.-P. (2007). Energy consumption and GDP revisited: A panel analysis of developed and developing countries. *Energy Economics*, pp. 1206–1223.
- LOBO, A. V. (2010a). **Proposta de ferramenta de avaliação de sustentabilidade ambiental em edificações hospitalares na região metropolitana de Curitiba.** *Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.* Curitiba.
- LOBO, F. H. (2010b). **Inventário de emissão equivalente do dióxido de carbono e energia embutida na composição de serviço em obras públicas: Estudo de caso no Estado do Paraná.** *Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.* Curitiba.
- MDGI. (2014). *Millennium Development Goals Indicators*. Fonte: The official United Nations site for the MDG Indicators: <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Metadata.aspx?IndicatorId=0&SeriesId=699>
- NATIONAL ATLAS OF THE UNITED STATES. (2013). *National Atlas*. Fonte: United States Department of the Interior: <http://nationalatlas.gov/mapmaker>
- OECD. (2009). *Energy Balances of OECD Countries*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Fonte: <http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2009/04073.pdf>
- OKI. (2004). *Ohio Kentucky Indiana - Regional Council of Governments*. Fonte: <http://www.oki.org/>

- ORECCA. (2012). *Bilan énergétique de la région Aquitaine. Année 2010*. L'Observatoire Régional Energie Changement Climatique Air d'Aquitaine. Acesso em dezembro de 2013, disponível em http://www.orecca.fr/uploads/media/OR12ET01_-_Bilan_energetique_2010v2012_01.pdf
- ORECCA. (2013). *L'Observatoire Régional Énergie Changement Climatique Air d'Aquitaine. Analyse spatiale des consommations d'énergie en Aquitaine Année 2010*.
- OTSUKA, B. T. (2010). **Desenvolvimento de modelo hiperbólico com processo de biodegradação acoplado para previsão do comportamento geomecânico de resíduos sólidos urbanos**. *Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná*. Curitiba.
- PAES, N. d., PREVEDELLO, A. A., & TAVARES, S. F. (2013). CONSUMO ENERGÉTICO NO MOVIMENTO PENDULAR: UM ESTUDO DE CASO ENTRE CURITIBA E ARAUCÁRIA. **Encontro Latino Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis - ELECS**. Curitiba.
- PERTSCHI, S. C. (2005). **Aspectos do campo térmico da área urbana de São José dos Pinhais/PR: situação de verão**. *Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná*. Curitiba.
- PRESTES, M. F. (2010). **Indicadores de sustentabilidade em urbanização sobre áreas de mananciais: uma aplicação do barômetro da sustentabilidade na ocupação do Guarituba – Município de Piraquara – Paraná**. *Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná*. Curitiba.
- ROBSON, C. (2011). *Real World Research*. 3rd ed. Wiley. Cornwall, United Kingdom.
- SABBAG FILHO, O. (2006). **Diretrizes para recuperação e conservação ambiental de mananciais de abastecimento de água comprometidos por ocupações irregulares**. *Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná*. Curitiba.
- SCHMID, A. L., TAVARES, S. F., ERRERA, M. R., PAES, N. d., & LIMA, C. d. (2012). **MODELAGEM DO CONSUMO DE ENERGIA NA CIDADE DE CURITIBA**. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC*. Juiz de Fora.

- SHABBIR, R., & AHMAD, S. S. (2010). Monitoring urban transport air pollution and energy demand in Rawalpindi and Islamabad using leap model. . *Energy, An International Journal*. Volume 35, Issue 5, pp. Pages 2323-2332.
- SIMMEL, G. (1979). **A metrópole e a vida mental**. In VELHO, O. G. (org). Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- UITP. (2006). *International Association of Public Transport - Mobility in cities database*. Bruxelas.
- UN ESA. (2011). *United Nations Departament of Economic and Social Affairs*. Acesso em julho de 2013, disponível em World Urbanization Prospects: <http://esa.un.org/unup/CD-ROM/Urban-Rural-Population.htm>
- US Census. (dezembro de 2013). *United States Census Bureau*. Fonte: US Census 2010: <http://www.census.gov/2010census/>
- WORLD BANK. (2006). *Social Analysis in Transport Projects: Guidelines for Incorporating Social Dimensions into Bank-Supported Projects*. Washington, USA.
- WORLD BANK. (2012). *World Bank*. Acesso em julho de 2013, disponível em <http://data.worldbank.org/>
- WORLD BANK. (janeiro de 2014). *GNI per capita, PPP (current international \$)*. Fonte: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.PP.CD/countries>
- XAVIER, S. P. (2011). **A temática da sustentabilidade no ensino de graduação em arquitetura e urbanismo: Estudo de caso em três instituições públicas**. *Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná*. Curitiba.
- YIN, R. K. (2001). **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2ª Edição. Bookman.
- YOPHY, H., JEFFREY, B. Y., & CHIEH-YUC, P. (2010). The long-term forecast of Taiwan's energy supply and demand: LEAP model application. . *Energy Policy*. Volume 39, Issue 11,, pp. Pages 6790-6803.
- ZHOU, J., LIN, J., CUI, S., QIU, Q., & ZHAO, Q. (2013). Exploring the relationship between urban transportation energy consumption and transition of settlement morphology: A case study on Xiamen Island, China. *Habitat international*, pp. 70-79.
- ZUMTHOR, P. (2006). *Atmosferas*. Barcelona: Gustavo Gili.